

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA FERROVIÁRIA E METROVIÁRIA

GUILHERME BECKER DA CÂMARA

**PROCEDIMENTO E SOFTWARE PARA IDENTIFICAR, CLASSIFICAR E  
ANALISAR PROBLEMAS NA LINHA FERROVIÁRIA DE TREM DE CARGA**

Joinville

2016

GUILHERME BECKER DA CÂMARA

**PROCEDIMENTO E SOFTWARE PARA IDENTIFICAR, CLASSIFICAR E  
ANALISAR PROBLEMAS NA LINHA FERROVIÁRIA DE TREM DE CARGA**

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Ferroviária e Metroviária da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Ferroviário e Metroviário.

Orientador: Dr. Yesid Ernesto Asaff Mendoza

Coorientador: Dr. Régis Kovacs Scalice

Joinville

2016

**PROCEDIMENTO E SOFTWARE PARA IDENTIFICAR, CLASSIFICAR E  
ANALISAR PROBLEMAS NA LINHA FERROVIÁRIA DE TREM DE CARGA**

**GUILHERME BECKER DA CÂMARA**

Trabalho apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Ferroviária e Metroviária da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Ferroviário e Metroviário.

Orientador: Dr. Yesid Ernesto Asaff Mendoza

Coorientador: Dr. Régis Kovacs Scalice

Joinville (SC), 30 de novembro de 2016.

Banca Examinadora:

---

Dr. Yesid Ernesto Asaff Mendoza

Presidente/Orientador

---

Dr. Régis Kovacs Scalice

Membro

---

Dra. Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic

Membro

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe, Luiza, por tudo que sempre fez por mim durante minha vida pessoal e acadêmica, pelo apoio e pelas palavras de conforto. Devo à ela toda a educação para a formação do meu caráter.

Ao meu orientador e amigo, Yesid Ernesto Asaff Mendoza, que me acolheu e confiou na minha capacidade. Seus incentivos, contribuições e correções foram fundamentais para a realização deste trabalho. E ao meu coorientador Régis Kovacs Scalice, pelas orientações e contribuições.

Aos meus irmãos Fábio, Geraldo e Gustavo, cada um de seu jeito contribuindo para me dar forças, risadas e sempre me lembrando de que nunca estou sozinho.

À minha família, por todo o apoio, ajuda e carinho e por sempre torcerem por mim.

À minha namorada Janaína, por estar ao meu lado em todos os momentos me dando força, carinho e sermões, pela paciência e por me fazer não desistir nunca, tendo grande contribuição nesse trabalho.

Aos meus amigos, Ronan Michels e Elpidio Faleiros, que foram como irmãos, presentes nos momentos tristes e alegres dessa caminhada longe de casa.

Aos meus amigos que fiz ao longo da Faculdade, Marcelo, Ana Paula e Nayara e toda minha segunda família em Joinville que me apoiou e esteve do meu lado durante todos esses anos da graduação.

Ao senhor Válter, que contribuiu com seu vasto conhecimento em inspeção de ferrovias para o desenvolvimento desse trabalho.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma ajudaram, agradeço por acreditarem no meu potencial, nas minhas ideias, principalmente quando nem eu mais acreditava.

## RESUMO

O método da inspeção a pé em linhas ferroviárias de carga pode ser considerado arcaico, é o mesmo há muitos anos, deixando de se atualizar utilizando tecnologia pra melhorar sua eficiência. Atualmente, com a facilidade do desenvolvimento de aplicativos para *smartphones* abrem-se oportunidades para a implantação desses recursos em prol da inspeção de linhas férreas. No presente trabalho foi desenvolvido um procedimento para identificar, analisar e classificar os defeitos e problemas numa linha ferroviária divididos em três categorias: superestrutura da via permanente, sinalização física em uma passagem de nível e fatores externos a linha ferroviária. Foi elaborado um fluxograma para fazer uma inspeção mais direta na linha, podendo ser ela com foco nas três categorias, duas ou apenas uma delas. Como resultado final se teve um aplicativo, baseado no fluxograma, simples e completo que abrange todos os defeitos das categorias abordadas, permite o registro de foto do defeito em questão e ainda a possibilidade de gravar a posição através do GPS do smartphone. Esse aplicativo tem como produto final um relatório no formato PDF que contém os defeitos registrados na inspeção colocando eles em ordem de posição, com fotos, comentários do que foi reportado e o nível de gravidade indicado pelo inspetor de via. O aplicativo foi validado experimentalmente por meio de uma análise de um especialista do setor ferroviário, assim como por uma aplicação prática em um estudo de caso na cidade de São Carlos, São Paulo.

**Palavras-chave:** Inspeção e monitoração. Problemas na linha ferroviária. Via permanente. Sinalização ferroviária.

## ABSTRACT

The patrol method in freight railways is considered archaic, it has not had any changes for many years and it has not been upgraded to a more efficient way by using technology in its favor. Nowadays, the readiness in developing apps for smartphones brings an opportunity for deploying this type of technology in track inspections. This paper presents a procedure developed to identify, analyze and classify defects and problems on railway lines, divided into three categories: track structure, crossing signal and external factors on railway lines. A flowchart was designed to simplify track patrols, the inspection might focus on as many as categories as desired among the three options previously mentioned. The paper's outcome is an app, based on the flowchart, which is simple and complete, including all the possible defects and problems of the categories covered, also a photograph of the defect might be attached to the report as well as its Global Coordinate. The app's output is a PDF report, which contains all defects recorded in the inspection, and also organized by its global position. Photos, comments and the severity level indicated by the track inspector are also part of the report. The app was tested by a track inspection specialist and validated in a case study in São Carlos.

**Keywords:** Inspection and monitoring. Problems of railway, Track structure, Railway signalling.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 1- Seção transversal da plataforma ferroviária.....                       | 15 |
| Figura 2- Elementos de Infraestrutura.....                                       | 16 |
| Figura 3- Elementos da Via Permanente. ....                                      | 17 |
| Figura 4- Camadas constituintes de uma via lastrada.....                         | 18 |
| Figura 5- Lastro ferroviário em São Carlos. ....                                 | 19 |
| Figura 6- Dormente de Madeira (a), concreto (b), aço (c) e plástico (d).....     | 20 |
| Figura 7- Tirefonds integrados à via.....  | 23 |
| Figura 8- Grampo do tipo Pandrol integrado à via.....                            | 24 |
| Figura 9- Bitola.....  | 24 |
| Figura 10- Vista do perfil da junta.....   | 25 |
| Figura 11- Tala de junção.....   | 26 |
| Figura 12- Retensor tipo V .....   | 26 |
| Figura 13- Placa de apoio. ....  | 27 |
| Figura 14- Esquema básico de uma AMV.....  | 27 |
| Figura 15- Faixa de Domínio da ferrovia operada FTC. ....                        | 29 |
| Figura 16- Passagem de Nível com Sinalização Passiva. ....                       | 30 |
| Figura 17- Passagem de Nível.....  | 30 |
| Figura 18- Cancelas em PN.....   | 31 |
| Figura 19- Placas A-39 (a) e A-40 (b) .....                                      | 31 |
| Figura 20- Defeitos nos trilhos: VSH (a) e head checks (b).....                  | 33 |
| Figura 21- Grampo Solto.....   | 33 |
| Figura 22- Dormente Solto.....   | 34 |
| Figura 23- Lastro Comaltado.....   | 34 |
| Figura 24- Trilho e Asfalto da PN deteriorado.....                               | 35 |
| Figura 25- Sinalização Precária (a) e Cancela Quebrada (b).....                  | 36 |
| Figura 26- Entulho (a) e crianças brincando (b) entre os trilhos.....            | 36 |
| Figura 27- Fluxograma do Procedimento.....                                       | 41 |
| Figura 28- Tela Inicial.....   | 43 |
| Figura 29- Segunda Tela.....   | 43 |
| Figura 30- Relatórios anteriores.....  | 44 |
| Figura 31- Tela Nova Inspeção.....   | 45 |
| Figura 32- Local Inicial.....  | 46 |
| Figura 33- Seleção de Categorias.....  | 47 |
| Figura 34- Tela Arquivo sem nenhum defeito registrado.....                       | 48 |
| Figura 35- Tela Registro de Defeitos.....  | 49 |
| Figura 36- Exemplo de tela com tipos de defeitos possíveis para o Dormente ..... | 52 |
| Figura 37- Tela de Gravidade do defeito.....                                     | 53 |
| Figura 38- Tela de foto e localização do defeito.....                            | 55 |
| Figura 39 – Exemplo de cadastro de defeito.....                                  | 55 |
| Figura 40- Tela Arquivo com defeitos registrados.....                            | 56 |
| Figura 41- Tela de Encerramento.....   | 57 |
| Figura 42- Local Final.....  | 58 |
| Figura 43- Confirmação de encerramento de inspeção.....                          | 59 |
| Figura 44- Tela de geração de relatório.....                                     | 60 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 45- Exemplo de Relatório. Informações Iniciais .....                      | 62 |
| Figura 46- Exemplo de Relatório. Defeitos Registrados.....                       | 63 |
| Figura 47- Exemplo de Relatório. Tabelas de Gravidade.....                       | 64 |
| Figura 48- Exemplo de Relatório. Informações Finais e Contagem de Defeitos. .... | 65 |
| Figura 49- Estudo de caso. Nova Inspeção. ....                                   | 66 |
| Figura 50- Estudo de caso. Local Inicial.....                                    | 67 |
| Figura 51- Estudo de caso. Categorias selecionadas. ....                         | 68 |
| Figura 52- Estudo de caso. Tela Arquivo. ....                                    | 69 |
| Figura 53- Estudo de caso. Tela de Registro de defeito. ....                     | 70 |
| Figura 54- Estudo de caso. Nível de gravidade e comentário.....                  | 71 |
| Figura 55- Estudo de caso. Registro de dormente fraturado.....                   | 71 |
| Figura 56- Estudo de caso. Confirmação de defeito. ....                          | 72 |
| Figura 57- Estudo de caso. Tela Arquivo com um defeito registrado. ....          | 72 |
| Figura 58- Estudo de caso. Registro de Entulho. ....                             | 73 |
| Figura 59- Estudo de caso. Gravidade do defeito. ....                            | 74 |
| Figura 60- Estudo de caso. Confirmação de registro de problema. ....             | 74 |
| Figura 61- Estudo de caso. Última tela arquivo.....                              | 75 |
| Figura 62- Estudo de caso. Tela para registro de informações finais.....         | 76 |
| Figura 63- Estudo de caso. Foto e posição do local final da inspeção.....        | 76 |
| Figura 64. Estudo de caso. Confirmação de inspeção finalizada. ....              | 77 |
| Figura 65- Estudo de Caso. Tela de relatório gerado.....                         | 78 |



## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1- Comparação entre tipos de dormentes ..... | 21 |
| Quadro 2- Escala de gravidade 1.....                | 54 |
| Quadro 3 - Escala de gravidade 2.....               | 54 |

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO .....   | 11 |
| 1.1 Problemática .....   | 12 |
| 1.2 Justificativa .....  | 13 |
| 1.3 Metodologia .....  | 13 |
| 1.4 Objetivos .....  | 14 |
| 1.4.1 Objetivo Geral .....   | 14 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos .....                                    | 14 |
| 1.5 Estrutura .....  | 14 |
| 2 VIA PERMANENTE .....   | 15 |
| 2.1 Infraestrutura Ferroviária .....                                 | 15 |
| 2.1.1 Cortes .....   | 16 |
| 2.1.2 Aterro .....   | 16 |
| 2.1.3 Obras de Arte Corrente .....                                   | 17 |
| 2.1.4 Obras de Arte Especiais .....                                  | 17 |
| 2.2 Superestrutura Ferroviária .....                                 | 17 |
| 2.2.1 Sublastro .....  | 18 |
| 2.2.2 Lastro .....   | 18 |
| 2.2.3 Dormente .....   | 20 |
| 2.2.4 Fixações .....   | 23 |
| 2.2.5 Trilhos .....  | 24 |
| 2.2.6 Talas de Junção .....  | 25 |
| 2.2.7 Retensores .....   | 26 |
| 2.2.8 Placas de Apoio .....  | 27 |
| 2.2.9 AMV .....  | 27 |
| 2.3 Sinalização e Faixa de Domínio da linha ferroviária .....        | 28 |
| 2.3.1 Faixa de Domínio .....   | 28 |
| 2.3.2 Sinalização da Via Permanente em Passagens em Nível .....      | 29 |
| 3 INSPEÇÃO E MONITORAÇÃO DA LINHA FERROVIÁRIA .....                  | 32 |
| 3.1 Problemas na Linha ferroviária .....                             | 32 |
| 3.1.1 Problemas na Superestrutura da Via Permanente .....            | 32 |
| 3.1.2 Problema na Sinalização Ferroviária em passagem de nível ..... | 35 |
| 3.1.3 Fatores Externos .....   | 36 |
| 3.2 Técnicas de Inspeção .....                                       | 37 |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.1 Inspeções a pé .....                                | 37 |
| 3.2.2 Inspeções com Auto de Linha.....                    | 38 |
| 3.2.3 Inspeções de Trem .....                             | 38 |
| 3.2.4 Inspeções com Carro-Controlado.....                 | 38 |
| 3.2.5 Inspeções com Carro Ultrassom.....                  | 38 |
| 4 PROPOSTA DE PROCEDIMENTO .....                          | 40 |
| 4.1 Caracterização do MILF.....                           | 40 |
| 4.2 Fluxograma do MILF.....                               | 40 |
| 4.3 Requisitos iniciais para o inspetor.....              | 42 |
| 4.4 Execução do Procedimento .....                        | 42 |
| 4.5 Relatório FINAL .....                                 | 60 |
| 5 ESTUDO DE CASO .....                                    | 66 |
| 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ESTUDO DE CASO .....          | 78 |
| 6 CONCLUSÕES.....   | 80 |
| REFERÊNCIAS.....  | 82 |
| APÊNDICE A -RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DO ESTUDO DE CASO ..... | 85 |
| ANEXO A- Ficha de Inspeção de Via Permanente. ....        | 93 |

## 1 INTRODUÇÃO

Em 1825 o engenheiro George Stephenson, inventor locomotiva, realizou o primeiro percurso ferroviário registrado historicamente foram 15 km entre Stockton e Darlington na Inglaterra com uma velocidade de aproximadamente 20 km/h. A invenção ganhou o mundo e veio aportar no Brasil, no dia 30 de abril de 1854 foi inaugurada por Dom Pedro II a Estrada de Ferro Mauá com 14,5km e bitola de 1,68m (CFA, 2013).

Segundo Nabais (2014), a malha ferroviária brasileira alcançou sua máxima extensão em 1958 com 37.967 km de estradas de ferro, mas com a aposta no sistema rodoviário a partir da década de 50, os trilhos perderam espaço com o abandono sistemático das ferrovias. Atualmente, o Brasil possui 30.576 km de ferrovias sendo 29.165 km destinados ao transporte de carga, dos quais 10.000 km funcionam em condições adequadas (CNT, 2016). Em um país de proporção continental como o Brasil, é impossível ter sustentabilidade econômica, social e ambiental sem um projeto estratégico de malha ferroviária, rodoviário e hidroviário (UCZAI, 2012).

O crescimento econômico do Brasil tem apontado para a retomada dos investimentos em ferrovias, tanto para o transporte de carga como de passageiros. O lançamento do Plano Nacional de Logística e Transportes em 2010 abriu novos horizontes, prevendo um grande investimento para expandir a atual malha ferroviária para 40.000 km até 2020 (UCZAI, 2012).

No relato sobre desenvolvimento dos municípios, muitas cidades brasileiras se consolidaram ao longo de linhas férreas, o que explica a presença da ferrovia em centros urbanos, ocasionando um grande número de invasões de faixa de domínio ferroviário (LINHARES, 2014).

A presença de linhas ferroviárias em centros urbanos e o trânsito caótico das grandes cidades brasileiras são as razões de muitos acidentes ferroviários, além dos acidentes inerentes à ferrovia, onde a maioria acontece em Passagens em Nível (PN). Essa PN, nome dado ao cruzamento de uma ou mais linhas férreas com uma

rodovia principal ou secundária no mesmo nível, é o ponto de maior risco de acidente ferroviário devido à deterioração dos trilhos, da constante passagem de automóveis sobre as PN, e a dificuldade de um veículo ferroviário frear por causa da sua inércia (DNIT, 2012).

Segundo Carmo (2006), ainda que a frequência de acidentes ferroviários seja inferior ao de outros modais, o nível de gravidade é elevado. As consequências de acidentes ferroviários podem gerar sérios problemas relacionados ao meio ambiente, a segurança das pessoas, podendo ter vítimas fatais, prejuízo econômico das operadoras devido ao atraso das entregas e danos na via permanente e no material rodante.

Um acidente ferroviário pode ser justificado por alguma falha na superestrutura ou na infraestrutura da via permanente, por falha na sinalização ferroviária, por imprudência dos transeuntes na via, por construções dentro do limite de ocupação da linha ferroviária, falha operacional, falha direta do trem ou até fatores climáticos como alagamentos, alta temperatura no local, entre outras causas.

Dentro da política de uma boa gestão da manutenção, para identificar os problemas antes de ocorrer um acidente, as empresas utilizam alguns sistemas de monitoração da linha férrea, entre eles a verificação visual a pé, equipamentos manuais e também carros controle como o Track Star<sup>1</sup>.

## 1.1 PROBLEMÁTICA

Como citado no parágrafo anterior, existem vários tipos de inspeção e sistemas de monitoração para a linha ferroviária. Normalmente as empresas que operam no Brasil possuem sistemas semelhantes ao Track Star que conseguem verificar a geometria da linha inspecionando, por exemplo, se a bitola ou o espaçamento entre os dormentes estão dentro dos padrões para a via, além de mensurar desníveis como empeno e torção, os quais podem resultar em acidentes.

Defeitos na linha ferroviária como dormentes quebrados, fixações soltas, construções invadindo a faixa de domínio destinada à linha ferroviária, alguns pontos de via com intenso tráfego e outros motivos, não podem ser identificados pelos

---

<sup>1</sup> Equipamento de manutenção que atua na prevenção de acidentes fazendo uma análise de geometria da via.

carros controles atuais, logo o levantamento destes defeitos deve ser feito por uma verificação visual a pé.

Adotado por algumas empresas, este tipo de monitoramento podem ser considerados ultrapassados uma vez que se restringe ao funcionário da operadora ferroviária caminhar na direção dos trilhos e registrar de forma manual em pranchetas os problemas que não podem ser detectados pelo carro controle.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Como as estradas de ferro são de grandes extensões, torna-se difícil para o funcionário fazer uma análise completa e precisa destes problemas na via. Muitas vezes, em virtude da fadiga do inspetor durante seu trabalho algumas deficiências podem passar despercebidas durante a inspeção, como talas de junção quebradas, aparelhos de fixação soltos entre outras. Assim surge uma necessidade de criar um novo procedimento para organizar a coleta de dados relacionados a problemas e/ou defeitos da linha ferroviária de maneira mais eficiente e menos desgastante.

Com este novo procedimento de inspeção desenvolvido, os problemas da linha férrea estarão mais simples de serem registrados pelo inspetor, que ao final da inspeção terá a relação dos problemas divididos em categorias de gravidade e níveis de urgências para manutenção. Essa análise mais abrangente terá como consequência uma manutenção da linha férrea mais eficaz, diminuindo a probabilidade de haver uma ocorrência.

## 1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no procedimento do trabalho terá uma finalidade aplicada, gerando um produto com o propósito de melhorar a qualidade da inspeção da linha ferroviária. Quanto aos objetivos do método, estes terão cunho descritivo devido à observação e levantamento dos defeitos da linha e posteriormente exploratório com entrevista junto de um profissional da área visando a determinação dos níveis de gravidade.

No que diz respeito à natureza do presente trabalho, pode ser classificada como qualitativa e seu local de realização foi feito em laboratório e avaliado em campo.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um procedimento para inspeção de via a pé, com a finalidade de coletar, organizar e analisar informações relacionadas a problemas que podem ser causas de falhas numa linha ferroviária de carga.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Criar categorias e subcategorias de defeitos, relacionados à superestrutura, sinalização em PN e faixa de domínio, perceptíveis a uma inspeção a pé sem ferramentas especiais;
- Desenvolver uma escala de gravidade dos defeitos junto de um especialista da área;
- Desenvolver um aplicativo para smartphone que reproduza o procedimento produzido;
- Validar o procedimento por meio de um estudo de caso em um trecho da linha ferroviária de carga na região metropolitana de São Carlos-SP, operada pela RUMO<sup>2</sup>.

## 1.5 ESTRUTURA

O primeiro capítulo apresenta uma contextualização do trabalho, a problemática e justificativa, assim como os objetivos almejados. O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica da via permanente, incluindo a sinalização em PN e conhecimentos sobre a faixa de domínio da VP. O terceiro capítulo mostra os princípios da inspeção de via permanente a algumas normas utilizadas. No quarto capítulo é apresentada a metodologia utilizada para elaborar o procedimento para identificar, classificar e fazer uma análise prévia dos problemas da linha ferroviária. Com o intuito de ter uma validação experimental do procedimento, no quinto capítulo mostra-se o estudo de caso aplicado em uma linha ferroviária de trem de carga. Já no sexto capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho.

---

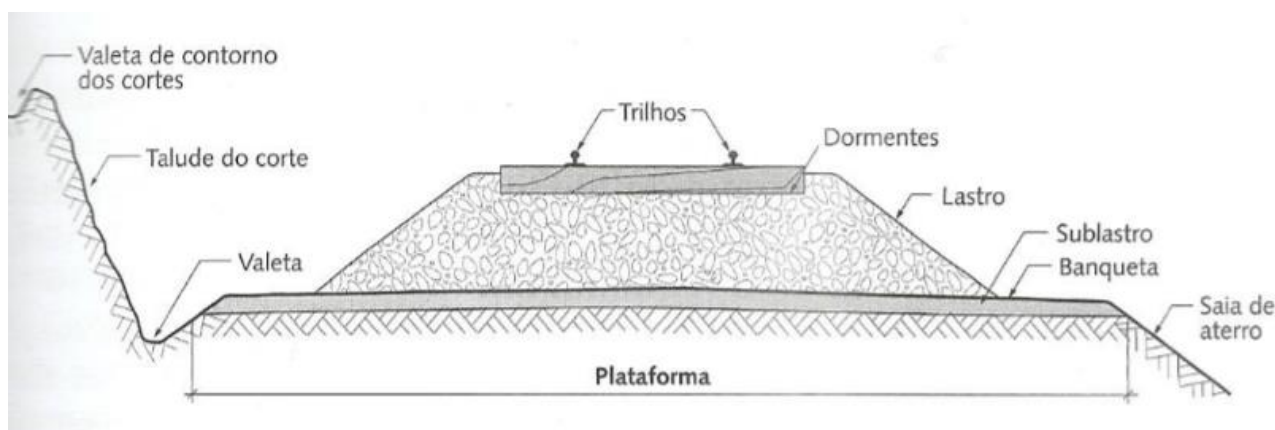
<sup>2</sup> Empresa de logística e companhia ferroviária do Brasil, atua na região sul e em mais três estados.

## 2 VIA PERMANENTE

A ferrovia é composta de dois subsistemas básicos: material rodante (veículos tratores e rebocados) e via permanente. Segundo Steffler (2013), a via permanente tem como definição a estrutura necessária para suportar e transmitir esforços ferroviários de maneira que permita o movimento do trem com confiabilidade, segurança e disponibilidade. De acordo com Vale (2011a), via permanente é o conjunto de elementos que proporciona suporte e direção ao deslocamento do trem.

Na Figura 1 é apresentada uma seção transversal da via permanente.

Figura 1- Seção transversal da plataforma ferroviária.



Fonte: Nabais (2014, p.19).

A via permanente pode ser dividida em dois grandes subgrupos chamados de infraestrutura e superestrutura ferroviária.

### 2.1 INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA

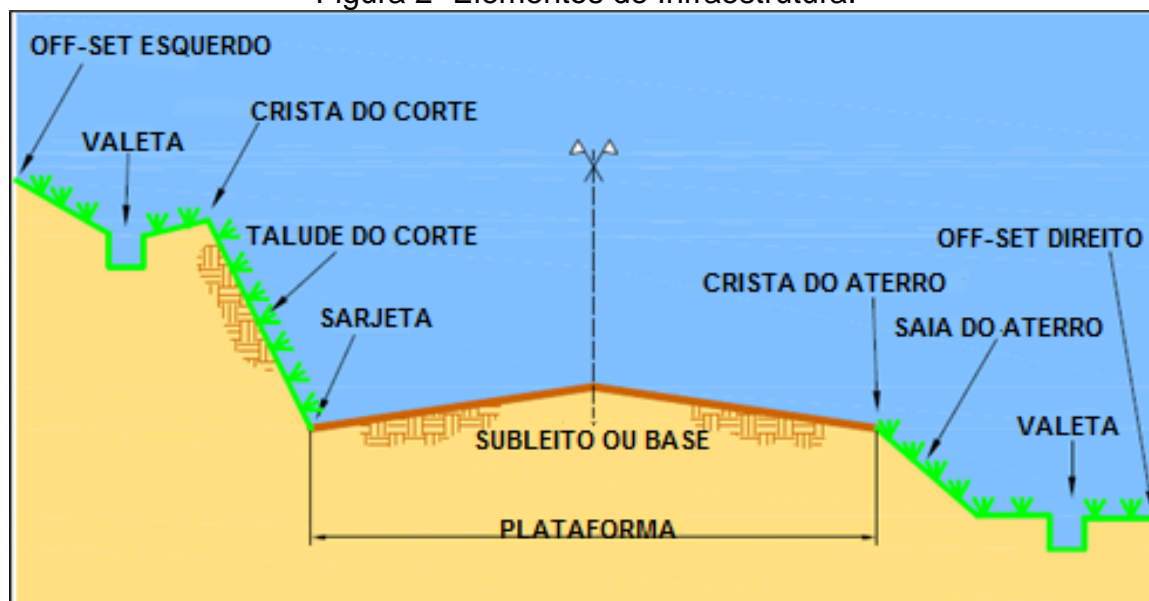
De acordo com Steffler (2013), a infraestrutura é responsável por agir nas condições de contorno à circulação de trens, atuando diretamente na garantia de



drenagem, preservação do gabarito de circulação e transposição de relevo acidentado.

A infraestrutura (ver Figura 2) é o conjunto de obras que formam a plataforma ferroviária e suporta a superestrutura (NABAIS, 2014). Podendo ser dividida em cortes, aterros, obras de arte corrente e obras de arte especiais.

Figura 2- Elementos de Infraestrutura.



Fonte: Vale (2013, p.294).

### 2.1.1 Cortes

Escavação executada quando a greide da plataforma possui cota inferior ao terreno natural (VALE, 2013).

### 2.1.2 Aterro

É o enchimento do terreno com material de áreas de empréstimo feito com a finalidade de se implantar a plataforma em cota superior ao terreno natural (VALE, 2013).

### 2.1.3 Obras de Arte Corrente

São dispositivos destinados a permitir a livre passagem das águas talvegues que interceptam a ferrovia (bueiros) ou responsáveis por captar e transportar as águas precipitadas nos taludes e cortes (VALE, 2013).

### 2.1.4 Obras de Arte Especiais

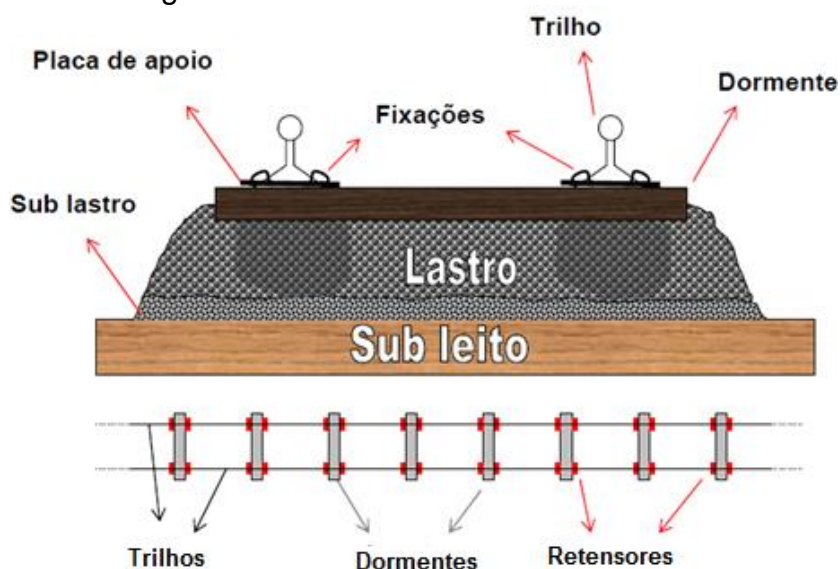
Vale (2012) afirma que obras de arte especiais são as chamadas grandes obras da ferrovia, abrangendo pontes, túneis, viadutos e obras de contenção (muros, cortinas atirantadas etc.).

## 2.2 SUPERSTRUTURA FERROVIÁRIA

É a responsável por captar as cargas transmitidas pelas rodas ferroviárias e transmiti-las com segurança pelas conexões estruturais da composição e descarregá-las uniformemente na plataforma ferroviária (STEFFLER, 2013).

Nabais (2014) divide os principais componentes da superestrutura em: sublastro, lastro, dormente aparelhos de fixação, trilhos, aparelhos de mudança de via (AMV). A Figura 3 mostra uma vista longitudinal e superior da via permanente, podendo nela ser identificado cada elemento da superestrutura.

Figura 3- Elementos da Via Permanente.



Fonte: Porto (2004, p.28).

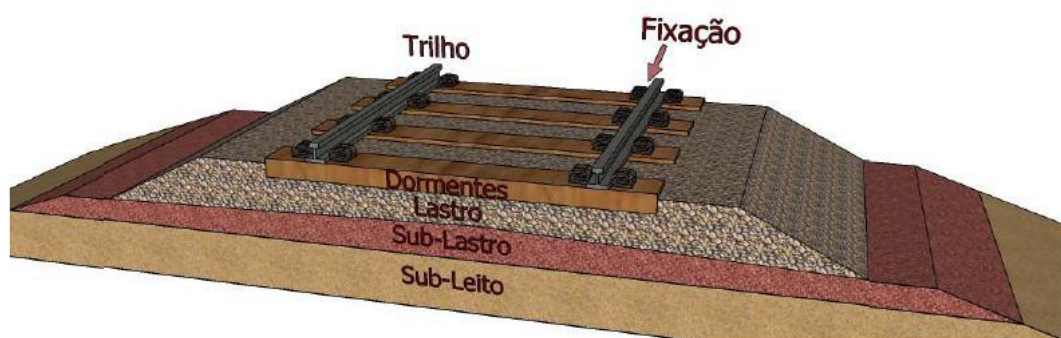
### 2.2.1 Sublastro

Segundo Porto (2004) é uma camada localizada entre o lastro e o sub-leito, com função de filtro, impedindo a subida da lama. Segundo BRINA (1983), as principais funções do sublastro são:

- Aumentar a camada de suporte da plataforma, elevando a taxa de trabalho no terreno permitindo diminuir a altura do lastro;
- Evitar a penetração do lastro na plataforma;
- Aumentar a resistência do leito a erosão e a penetração da água, preservando as propriedades do subleito.

A Figura 4 mostra detalhadamente as várias camadas que constituem uma via lastrada.

Figura 4- Camadas constituintes de uma via lastrada.



Fonte: Vale (2013, p.228)

### 2.2.2 Lastro

Lastro ferroviário é uma camada de material permeável e resistente, de granulometria adequada, posicionada entre os dormentes e leito/sublastro (VALE, 2011a). De acordo com Vale (2013), o material do lastro é geralmente obtido pela britagem da rocha e possui comportamento mecânico determinado pelas características das partículas de gradação do material. Um material apropriado para o lastro apresenta as seguintes propriedades: forma cúbica angular, faces britadas, rugosidade superficial, dureza elevada, graduação uniforme e reduzida a presença de finos.

Segundo Steffler (2013) além de fornecer suporte para a via o lastro tem como função:

- Ser um material resistente à abrasão, para que não se decomponha em materiais finos;
- Promover drenagem adequada das águas superficiais, permitindo que permeiem por entre seus vazios até as canaletas laterais;
- Possuir granulometria com proporcionalidade de diâmetros para garantir boa estabilidade de linha;
- Ter altura para que a dissipação de cargas oriundas da grade ocorra de forma suave, sem danificar a plataforma;
- Possuir volume tal que contenha esforços transversais e longitudinais dos trilhos, fornecendo ancoragem adequada.

Na Figura 5 é possível ver o lastro em uma linha ferroviária em São Carlos-SP.

Figura 5- Lastro ferroviário em São Carlos.



Fonte: O Autor (2016).



### 2.2.3 Dormente

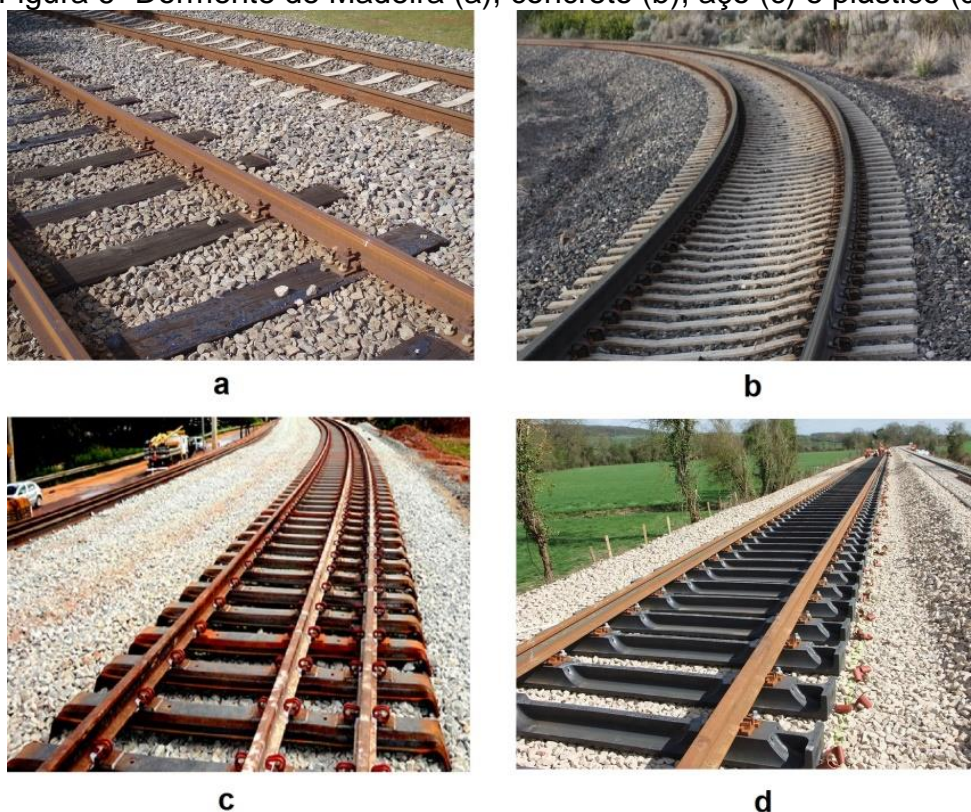
De acordo com Steffler (2013) os dormentes são vigas transversais que oferecem suporte aos trilhos, transmitindo as cargas dos trilhos para o lastro.

Porto (2004) cita que as principais funções dos dormentes são:

- Distribuir carga no lastro;
- Manter a bitola;
- Dar suporte adequado e seguro para o trilho;
- Garantir estabilidade vertical, horizontal e longitudinal da via;
- Amortecer parcialmente as vibrações.

Existem vários tipos de dormentes (ver Figura 6), cada um com suas propriedades, prós e contras em relação à durabilidade, custo, desempenho e à resistência mecânica. No Quadro 1 é possível comparar os diferentes tipos de matérias de dormentes pelas suas vantagens e desvantagens. Já na Figura 6 têm-se as imagens de cada um dos tipos de dormentes caracterizados.

Figura 6- Dormente de Madeira (a), concreto (b), aço (c) e plástico (d).



Fonte: Wikipedia (2016).

Quadro 1- Comparação entre tipos de dormentes

| Material | Vantagens   | Desvantagens  |
|----------|---|---|
| Madeira  | <p>Menor massa;</p> <p>Facilmente trabalháveis</p> <p>Bons isolantes;</p> <p>Fixação simples;</p> <p>Suportam bem alta solicitação;</p> <p>Aproveitamento de dormentes usados;</p> <p>Elasticidade da via;.</p> | <p>Vida útil;</p> <p>Ataque de fungos e insetos;</p> <p>Dormentes AMV-difíceis de obter;</p> <p>Tratamento exige manter estoque;</p> <p>Redução da oferta.</p>                    |
| Concreto | <p>Maior massa;</p> <p>Manutenção da bitola;</p> <p>Isolante;</p> <p>Invulneráveis a fungos;</p> <p>Vida útil longa e menor armazenagem.</p>  | <p>Manuseio e substituição onerosos;</p> <p>Destruído em descarrilamentos;</p> <p>A construção de dormentes AMV é dispendiosa;</p> <p>Vulnerável a solicitações excepcionais.</p> |
| Aço      | <p>Fácil confecção de dormentes especiais;</p> <p>Manutenção da bitola;</p>   | <p>Massa reduzida-falta de inércia;</p> <p>Custo elevado de assentamento e manutenção-difícil a socaria;</p> <p>Vulnerável a ambiente agressivo e tráfego ruidoso;</p>            |

|          |  |   |
|----------|--|---|
|          | Recondicionável;<br>Insensível ao ataque de fungos;<br>Relativamente resistentes à alta solicitação. | Gasto adicional com isolamento elétrico;<br>Custo de aquisição, principalmente no Brasil. |
| Plástico | Vida útil;<br>Manutenabilidade e manuseio;<br>Condutibilidade elétrica;<br>Meio ambiente.            | Preço;<br>Tempo de experiência;<br>Matéria prima .  |

Fonte: Porto (2004) e Vale-a (2011).

## 2.2.4 Fixações

Para Steffler (2013) fixações são os grampo e componentes acessórios que garantem a ligação física do trilho com o dormente, permitindo a preservação da bitola. De acordo com Porto (2004) a função das fixações é também oferecer resistência ao deslocamento longitudinal e horizontal do trilho, provocado por variação de temperatura ou frenagem dos veículos. As fixações podem ser classificadas em três subgrupos, as rígidas, elásticas e as chamadas semielásticas.

Fixações rígidas são pregos e parafusos como mostrados na Figura 7. É o mais simples tipo de fixação e o menos eficiente, os fixadores soltam com o tempo devido à vibração, perdendo a capacidade de resistir a esforços longitudinais (PORTO 2004).

Figura 7- Tirefonds integrados à via.



Fonte: Trains Français (2016).

Fixações elásticas diferem das fixações rígidas mantêm o contato com o patim do trilho, proporcionando uma fixação constante e equilibrada em todo o comprimento da barra. As fixações desta categoria mais utilizadas no Brasil são as do tipo deenik, pandrol (Figura 8), vosloh, RN e fast clip (STEFFLER, 2013).

As fixações semielásticas são aquelas que possuem uma mistura das características das duas anteriores, sendo os dois tipos mais utilizados a fixação GEO e o prego elástico (STEFFLER, 2013).



Figura 8- Grampo do tipo Pandrol integrado à via.



Fonte: Sanfer Comercial (2016).

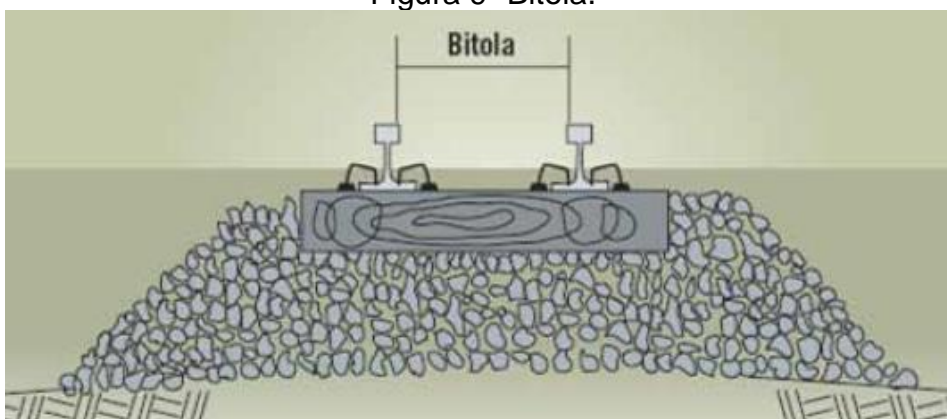
### 2.2.5 Trilhos

Vale (2013) afirma que o trilho é o ativo mais importante da superestrutura, é tecnicamente o principal elemento de suporte dos veículos ferroviários e, economicamente detém o maior custo entre os elementos estruturais da via.

Já Porto (2004) define os trilhos como os elementos de via permanente que guiam o veículo no trajeto e o dão sustentação. Funcionam como viga contínua e transferem os esforços das rodas para os dormentes.

Bitola é a distância entre as faces internas das duas filas de trilhos, medida a 16 mm abaixo da face superior dos trilhos conforme mostrado na Figura 9 (VALE-a, 2011).

Figura 9- Bitola.



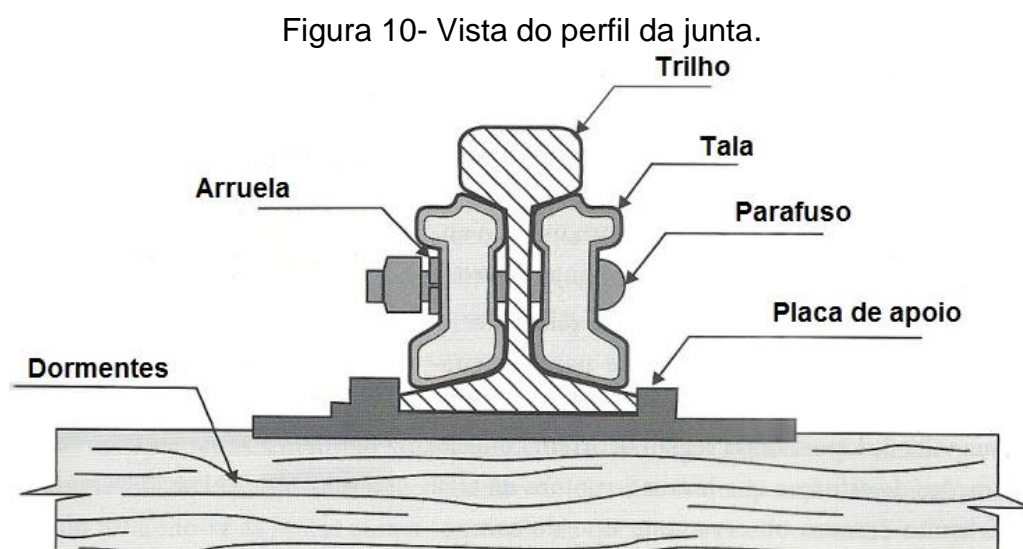
Fonte: Vale-a (2011, p.8).

Existem vários tamanhos de bitola, os mais utilizados hoje são a métrica (1000 mm), standard (1435 mm) e a larga (1600 mm).

### 2.2.6 Talas de Junção

Steffler (2013) afirma que a união dos trilhos quando não for feita por soldagem é feita por componentes metálicos chamados talas de junção, esses são peças que trabalham aos pares e fazem a ligação das extremidades dos trilhos. São transpassados parafusos que ao serem apertados fornecem coesão ao conjunto e rigidez à junta, de forma que garanta uma transição segura das rodas.

Na Figura 10 é possível ver o modo que é encaixado as juntas nos trilhos.



Fonte: Steffler (2013, p.111).

Na Europa as juntas dos dois trilhos da via são organizadas de forma coincidente (ou par) já nos EUA e no Brasil são alternadas ou desencontradas (PORTO, 2004). A Figura 11 mostra uma tala de junção de 6 furos.

Figura 11- Tala de junção.

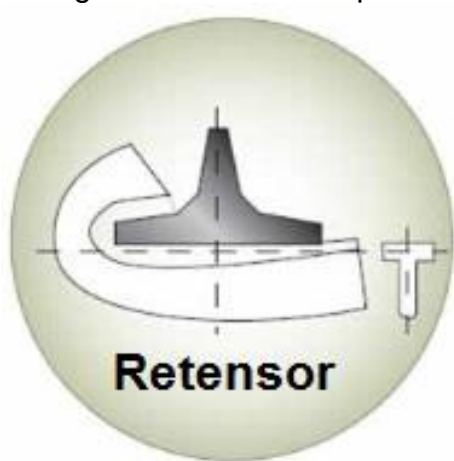


Fonte: Geelong (2016).

### 2.2.7 Retensores

Segundo Steffler (2013), os retensores são peças metálicas presas ao patim do trilho (conforme mostra a Figura 12) e aplicadas rente à face do dormente e pode ser dividido em duas categorias o tipo V e tipo T, tendo seus formatos semelhantes aos perfis das letras.

Figura 12- Retensor tipo V



Fonte: Vale-a (2011, p.20).

### 2.2.8 Placas de Apoio

A placa de apoio é utilizada para melhorar a transmissão dos esforços dos trilhos, como material metálico pode ser aplicado em dormentes de madeira ou de plástico (STEFFLER, 2013). A Figura 13 mostra uma placa de apoio.

Figura 13- Placa de apoio.



Fonte: Porto (2004, p.47).

### 2.2.9 AMV

Os AMVs compreendem um conjunto de peças que possibilitam a passagem dos veículos ferroviários de uma via para outra, compreende: agulhas, trilhos, jacaré, contratrilhos, dormentes especiais e acessórios (placas de apoio, barras de conjugação, aparelho de manobra dentre outros) conforme mostrado na Figura 14 (VALE, 2013).

Figura 14- Esquema básico de uma AMV.



Fonte: Vale-a (2011,p.25).

Para Porto (2004), o AMV além de desviar os veículos com segurança e velocidade comercialmente compatível, dá flexibilidade ao traçado da linha ferroviária, entretanto possui alto custo de aquisição e manutenção.

Vale (2012) divide a região que o AMV atua em três regiões: chave (grade das agulhas), onde é mudada a direção dos veículos, parte intermediária, a qual é formada pelos trilhos intermediários apoiados em placas de apoio que fazem a ligação entra chave e o cruzamento e a região do cruzamento que é constituída pelo jacaré, contratrilhos e seus respectivos trilhos de ligação e de encosto, que tem a função de guiar convenientemente os veículos possibilitando a passagem das rodas para uma outra direção.

Por ser formado por vários componentes e devido à fragilidade dos mesmos gerada pela frequente solicitação, os AMVs representam uma parte crítica da via, sendo a sua indevida operação e manutenção uma causa significativa de acidentes (MÁXIMO;LORENCETTE,2006).

## 2.3 SINALIZAÇÃO E FAIXA DE DOMÍNIO DA LINHA FERROVIÁRIA

Neste tópico do capítulo serão mostrados os conceitos sobre a faixa de domínio da via permanente e a sinalização ferroviária em passagens em nível.

### 2.3.1 Faixa de Domínio

Faixa de domínio é a faixa de terreno de pequena largura em relação ao comprimento, em que se localizam as vias férreas e demais instalações da ferrovia, inclusive destinada aos acréscimos necessários a sua expansão (VALE-a, 2011).

A lei nacional nº 6766/79 diz que “ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias, será obrigatória a reserva de uma faixa não-edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica” (FTC, 2016). Abaixo, na Figura 15, é possível



sinalizar uma faixa de domínio da via permanente da Ferrovia Tereza Cristina<sup>3</sup> (FTC), onde não são respeitados os 15 metros.

Figura 15- Faixa de Domínio da ferrovia operada FTC.



Fonte: FTC (2016).

### 2.3.2 Sinalização da Via Permanente em Passagens em Nível

Conforme Vale-c (2011) para que uma transição em PN ocorra de forma segura são necessários que os equipamentos de sinalização e barreira estejam colocados do lado direito da via rodoviária no sentido do trânsito e à distância de 5 metros do trilho mais próximo, caso seja necessário e mediante justificação, essa distância pode ser reduzida para três metros e meio.

Como expresso pelo DNIT (2012), a sinalização é dividida em dois grupos básicos a sinalização ativa e a passiva. A ativa compreende o conjunto de placas de advertência, tanto na ferrovia quanto na rodovia, como o semáforo, campainha, cancelas e sensores instalados junto ao trilho que são acionados quando há aproximação do trem. Já a passiva é comumente prevista em vias privadas, inclui um conjunto de placas e sinais, tanto ferroviários como rodoviários, sem sinalização ótica nem acústica de acionamento automático conforme visto na Figura 16.

---

<sup>3</sup> Empresa que controla a concessão da malha ferroviária sul catarinense.

Figura 16- Passagem de Nível com Sinalização Passiva.



Fonte: SINAF (2016).

As passagens de nível devem conter alguns tipos de sinais previstos na legislação ferroviária, entre eles, a cruz de Santo André, postes com sinais luminosos e braços aéreos que podem ser identificados na Figura 17. Além desses, os outros tipos de sinais os de maior importância em uma passagem de nível são as cancelas e as placas A-39 ou A-40.

Figura 17- Passagem de Nível.



Fonte: FTC (2016).

Segundo Vale-c (2011) a cancela (Figura 18) é uma estrutura móvel de madeira ou metal com a função de proteger uma passagem de nível.

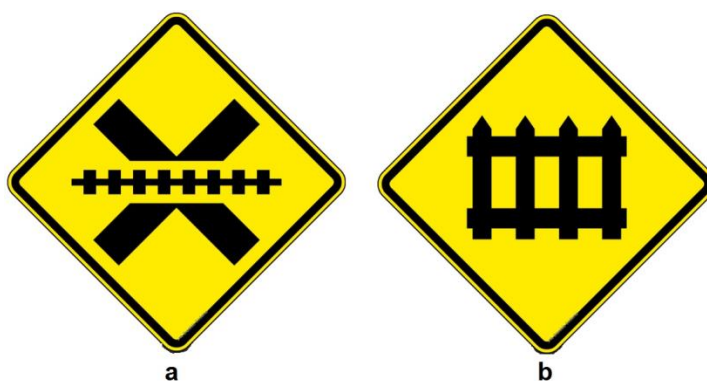
Figura 18- Cancelas em PN.



Fonte: SINAF (2016).

Ambas as placas de sinalização A-39 e A-40 tem a função de informar a existência de uma PN, a diferença é que a primeira informa que não existe nenhum tipo de barreira, já a segunda tem. A Figura 19 mostra as duas placas citadas.

Figura 19- Placas A-39 (a) e A-40 (b)



Fonte: Aimoré (2016).



### **3 INSPEÇÃO E MONITORAÇÃO DA LINHA FERROVIÁRIA**

#### **3.1 PROBLEMAS NA LINHA FERROVIÁRIA**

Nesta seção irá ser dividido os defeitos nas ferrovias em 3 subgrupos: problemas de elementos da superestrutura da via permanente, sinalização ferroviária em PN e fatores externos.

##### **3.1.1 Problemas na Superestrutura da Via Permanente**

Vale-a (2011) afirma que as principais anomalias da via permanente estão relacionadas a defeitos nos trilhos, fixadores, dormentes, lastro, AMVs e geometria da linha. De acordo com Steffler (2013), os defeitos em trilhos podem ser abordados segundo aspectos internos ou superficiais. O primeiro é mais ligado com segurança, uma vez que é alta a probabilidade de defeitos internos ocasionarem um acidente. Já o segundo levam a fraturas em médio a longo prazo, porém é mais comum que seus aspectos estejam ligados à manutenção e à vida útil do componente.

Na Figura 20 é possível ver os dois tipos de defeitos, uma Vertical Split Head (VSH), que é uma trinca vertical longitudinal, e head checks, que são microfissuras na zona de contato onde a roda exerce maior pressão. Estas anomalias representam defeitos internos e superficiais, respectivamente.

Figura 20- Defeitos nos trilhos: VSH (a) e head checks (b).



Fonte: Nordco (2016) e VTWI (2016).

Fixadores, devido à corrosão, pela má aplicação ou até devido às vibrações ocasionadas pelas passagens do trem, podem se soltar ou do trilho ou da placa de fixação. Na Figura 21 é observado o grampo do tipo pandrol solto em cima do dormente por falhas devido à corrosão.

Figura 21- Grampo Solto.



Fonte: TMRS (2016).

Falhas relacionadas à dormente, afirma Steffler (2013), podem gerar outras deficiências como: desbitolamento, desalinhamento, desnivelamento e empenamento da via, além de poder colmatar o lastro. Vale-a (2011) diz que além

de ficarem podre os dormentes podem estar rachados, empenados ou queimados. Outro problema comum é quando a placa de apoio não está fixada no dormente, como mostrado na Figura 22, deixando-o solto.

Figura 22- Dormente Solto.



Fonte: Corrêa (2016).

Steffler (2013) frisa que lastro colmatado é um dos piores defeitos que podem acontecer na VP, sua manutenção é lenta e cara. A colmatagem (Figura 23) pode acontecer a partir da contaminação pela plataforma, pela degradação da própria pedra de lastro ou contaminação externa. Vale-a (2011) cita que caso o lastro esteja sujo ou contaminado também é um defeito.

Figura 23- Lastro Comaltado.



Fonte: Pam (2016).

Defeitos nas AMVs podem ser do tipo falhas geométricas como na bitola, alinhamento e nivelamento transversal e longitudinal ou estrutural como fraturas em agulhas e jacarés, desgaste das agulhas, trilhos de ligação e nos jacarés (VALE-a, 2011). Outro tipo de defeito que pode ser encontrado nos trilhos é o desgaste deles em passagens de nível, tendo em vista a constante passagem de veículos sobre eles. Na Figura 24 é visto além do trilho, o asfalto também deteriorado em partes.

Figura 24- Trilho e Asfalto da PN deteriorado.



Fonte: O Autor (2016).

Há diversos tipos de anomalias relacionados à geometria da linha, como flambagem de trilho, desnivelamento horizontal e vertical. Estes tipos de defeitos não serão detalhados neste trabalho por não serem o foco da pesquisa, uma vez que a identificação desses é feita por meio de ferramentas auxiliares.

### **3.1.2 Problema na Sinalização Ferroviária em passagem de nível**

Os defeitos da sinalização ferroviária em uma passagem de nível são basicamente a falta ou precariedade de placas e barreiras de sinalização como cruz de santo André, cancelas ou outros de sinais luminosos/sonoros. É importante ressaltar que a sinalização é de inteira responsabilidade da empresa que tem a concessão dos trilhos local.

A baixa visibilidade destas placas de PN devido a fenômenos climáticos ou até a vegetação é considerado defeitos da sinalização também. Na Figura 25 é



possível ver uma placa de pare junto com uma cruz de santo André, ambas as sinalizações já denegridas e uma cancela de uma PN quebrada.

Figura 25- Sinalização Precária (a) e Cancela Quebrada (b).

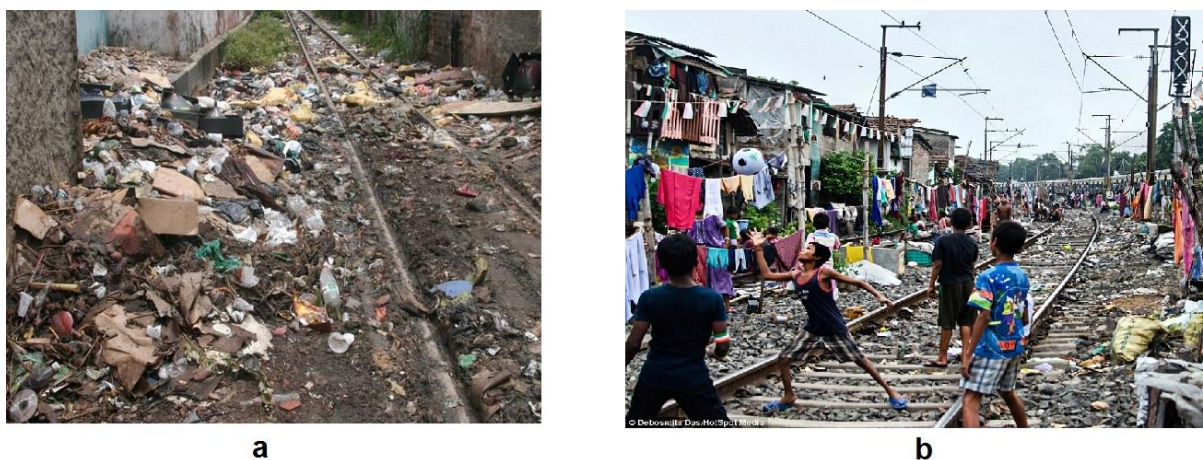


Fonte: Digicomphoto (2016) e Rodrigues (2016).

### 3.1.3 Fatores Externos

Problemas como pessoas andando frequentemente pelo trilho, crianças brincando sobre eles, vândalos, vegetação invadindo a via permanente, fenômenos climáticos e até a utilização da via para depósito de lixo e entulho são considerados problemas externos de uma linha ferroviária. Na Figura 26 é possível ver o entulho e crianças brincando entre os trilhos.

Figura 26- Entulho (a) e crianças brincando (b) entre os trilhos.



Fonte: Ferrovia Verde (2016) e Charlton (2015).

A invasão da faixa de domínio por construções e obras civis com risco de desabamento é um dos problemas frequentes da linha ferroviária.

De acordo com Vale-b (2011) fenômenos climáticos como erosão, escorregamento em corte/aterro, recalque em aterro e queda/rolamento de blocos são problema observáveis em taludes/encostas de uma linha ferroviária.

### 3.2 TÉCNICAS DE INSPEÇÃO

Há várias técnicas de inspeção de via permanente, cada uma com suas características próprias, estas técnicas seguem algumas normas da ABNT, entre as quais NBR 7640:2012, 12511:2012, 16082:2012.

A frequência de inspeção varia conforme a empresa administra a ferrovia e suas políticas de gestão de manutenção. A Valer (2008) reconhece como responsabilidade do engenheiro residente, supervisor de via e técnico de via realizar inspeções de rotina e programadas para levantamento do estado da via.

#### 3.2.1 Inspeções a pé

Segundo Vale-b (2011) nas inspeções a pé, as condições da geometria da via e o estado de conservação dos componentes da superestrutura são verificados pelo funcionário responsável. Valer (2008) diz que o funcionário incumbido dessa inspeção deve caminhar pelo eixo da linha ou observá-la lateralmente ao nível da face superior do boleto para ter uma melhor visão.

No decorrer da inspeção o funcionário deve observar:

- As condições da geometria da via e dos AMVs, utilizando bitola de linha quando tiver suspeitas de defeitos graves;
- As superelevações nas curvas e o nivelamento e ajuste dos materiais nas juntas;
- O alinhamento da via e o puxamento das curvas;
- O nivelamento da via em tangente ou curvas pelos marcos de referência;
- O posicionamento e as condições de manutenção dos materiais de fixação da via e AMVs;
- O ajuste e o funcionamento das chaves e aparelhos de manobra dos AMVs.

### **3.2.2 Inspeções com Auto de Linha**

De acordo com Vale-a (2011), nas inspeções com auto ou caminhão de linha as anomalias são verificadas conforme os desconfortos e choques na linha e pela sensibilidade visual.

Valer (2008) afirma que nesse tipo de inspeção deve:

- Observar as condições de geometria da via, juntas, entradas e saídas dos AMVs;
- Ficar atento aos balanços e choques absorvidos pelo auto-de-linha (este procedimento permite avaliar o estado da via e dos AMVs);
- Proceder paradas, mesmo que não programadas, sempre que notar defeitos excepcionais e anormais na via e AMV.

### **3.2.3 Inspeções de Trem**

Vale-a (2011) diz que neste tipo de inspeção o funcionário deve viajar na cauda ou na locomotiva para verificar a sensação de desconforto causada pelo balanço lateral do veículo, que o ajuda a identificar deslocamentos/irregularidades da via.

Conforme Valer (2008) para a inspeção o funcionário deve estar atento às condições de geometria da via, juntas, entradas e saídas de AMVs.

### **3.2.4 Inspeções com Carro-Controle**

Através dos registros obtidos com a inspeção pelo carro-controle determinam todos os defeitos de geometria da via e irregularidades (VALE-a, 2011). O Track Star é um exemplo de carro-controle, que consegue também identificar defeitos superficiais no boleto dos trilhos.

### **3.2.5 Inspeções com Carro Ultrassom**

A Vale-a (2011) diz que as inspeções com carros ultrassom o inspecionam e detectam defeitos internos em trilhos como trincas, vazios e até defeito nas soldas. A

MRS<sup>4</sup> faz inspeções com o carro ultrassom e caso seja detectado algum defeito o veículo é parado e os funcionários da empresa utilizam um aparelho ultrassom manual diretamente sobre o possível defeito para um melhor reconhecimento.

Conforme visto na seção 3.2 foi identificado que alguns defeitos específicos em elementos da superestrutura da via permanente, como pregos de fixação soltos, dormente fraturado, jacaré desgastado não estão incluídos nas diferentes técnicas de inspeção citadas. Somam-se a esses defeitos, adversidades em relação ao entulho ou construções civis dentro da faixa de domínio e até eventuais alagamentos nos limites da via.

Essa falta de inclusão de alguns problemas pontuais nos diferentes tipos de inspeção foi verificada por meio de uma análise do estado de arte através de referências bibliográficas e manuais de gestão de manutenção de empresas, como Vale-b (2011).

Devido à falta de um tipo inspeção que identifique alguns defeitos como os citados anteriormente, se tem uma importância de desenvolver um procedimento de inspeção visual que com auxílio de ferramentas eletrônicas consiga coletar estes dados (defeitos), organizá-los e classificá-los para aprimorar uma possível estratégia de manutenção da empresa.

A metodologia proposta será apresentada no capítulo seguinte.

---

<sup>4</sup> Operadora Logística que administra a Malha Regional Sudeste, opera nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo.



## **4 PROPOSTA DE PROCEDIMENTO**

Este capítulo refere-se ao desenvolvimento do procedimento proposto neste trabalho, o qual tem o objetivo prático de aprimorar o modo como são registrados, classificados e analisados os defeitos da linha ferroviária em uma inspeção visual. Este procedimento foi implementado na forma de aplicativo no programa Android Studio para ser usado em smartphone que use o sistema android 6.0 ou superior. O aplicativo tem o nome de Monitoramento Inteligente de Linha Ferroviária, ou MILF.

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DO MILF**

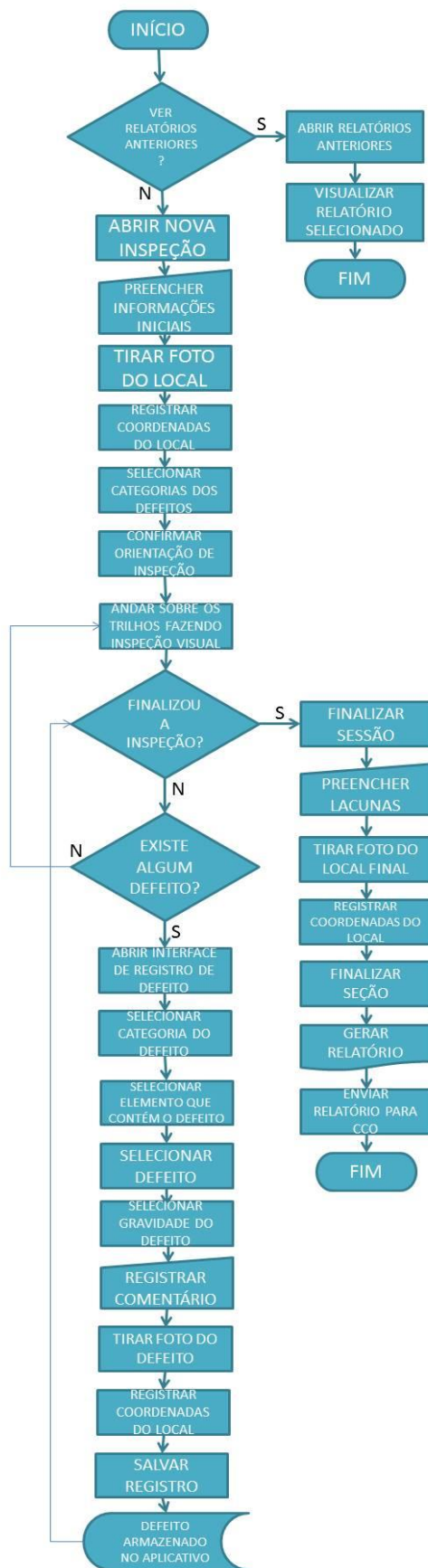
O método utilizado para o registro dos defeitos da linha ferroviária de carga terá como base a ficha padrão de inspeção de via permanente da ANTT (ver Anexo A). O inspetor da via fará o registro fornecendo diretamente dados para um aplicativo (software), que terá registro de imagens e indicação do grau de gravidade do defeito, assim como observações. O inspetor poderá interromper a ação quantas vezes forem necessárias.

A frequência da inspeção dependerá das políticas de manutenção da linha. Após encerrar o registro de todos os defeitos da linha, estes são classificados e analisados por critérios desenvolvidos para o procedimento e irá ser gerado um relatório que será enviado para a central de manutenção da operadora.

### **4.2 FLUXOGRAMA DO MILF**

O procedimento se baseará no fluxograma apresentado na Figura 27.

Figura 27- Fluxograma do Procedimento.



Fonte: O Autor (2016).

Para ser apresentado de forma mais elucidativa, cada processo ou passo do aplicativo que segue o fluxograma da Figura 27, será mostrado por meio de *screenshots* do aplicativo de smartphone na seção 4.4 de este trabalho. Da mesma forma, alguns passos ou processos terão uma explanação dos critérios definidos para a execução dos passos.

#### 4.3 REQUISITOS INICIAIS PARA O INSPETOR

Um requisito primordial é que o procedimento deverá ser executado por um profissional da área de manutenção ou inspeção ferroviária que tenha conhecimento dos defeitos na superestrutura da via permanente, na sinalização em passagem de nível e fatores externos da via. O inspetor deve ter ciência também dos níveis de gravidade de cada defeito e suas consequências, caso tenha a existência destes em série ao longo da via ou em pontos específicos como, por exemplo, tala de junção do trilho superior de curva quebrado, ou em uma tangente uma malha de três dormentes fraturados em sequência.

O inspetor deverá estar preparado para as condições que incumbem esse procedimento. Ele estará vulnerável às adversidades climáticas do momento e ser capaz de realizar atentamente a caminhada ao longo dos trilhos para a inspeção, não deixando passar defeitos sem serem registrados.

Somente com esse nível de conhecimento técnico e foco na inspeção que será possível realizar o procedimento com êxito.

O aplicativo MILF poderá ser instalado em smartphones que tenham o sistema operacional Androide 6.0 ou superior. Para efeitos de desenvolvimento inicial, a versão beta deste aplicativo está funcionando só nos smartphone Motorola G2, G3 e X Play.

#### 4.4 EXECUÇÃO DO PROCEDIMENTO

O passo a passo do procedimento será descrito e mostrado em Figuras obtidas por capturas de tela, no formato do aplicativo desenvolvido para smartphone.

A primeira tela (Figura 28) do aplicativo será uma tela introdutória apenas com o nome do aplicativo e o botão INICIAR. Para avançar será necessário clicar no botão.

Figura 28- Tela Inicial.



Fonte: O Autor (2016).

A segunda tela terá duas opções, uma em que será possível visualizar relatórios de inspeções anteriores e outra fazer uma nova inspeção (Figura 29).

Figura 29- Segunda Tela.



Fonte: O Autor (2016).

Ao escolher a segunda opção o usuário será direcionado a uma tela onde será possível fazer o download de relatórios de inspeção anteriores feitas pelo aplicativo. Esses estarão organizados em categorias e divididos sequencialmente por: operadoras, trechos e datas (Figura 30). Isto ajudará ao usuário do aplicativo a tirar qualquer dúvida que tenha sobre problemas ou defeitos na linha férrea e na forma de como esta foi registrada em relatórios anteriores de inspeção.

Figura 30- Relatórios anteriores.



Fonte: O Autor (2016).

Caso escolha a opção NOVA INSPEÇÃO o usuário será direcionado a uma tela, que deverá ser preenchida com informações iniciais para o início da inspeção mostrada em dois *screenshots* (Figura 31).

Nessa tela serão solicitadas informações gerais sobre a inspeção:

- Nome da Operadora;
- Rota;
- Data;
- Trecho e Sentido;
- Nome do trilho;
- Horário;
- Clima;

- Nome do funcionário.

Após o preenchimento dessas informações será possível prosseguir no aplicativo apertando o botão AVANÇAR.

Figura 31- Tela Nova Inspeção.

**Nova Inspeção**

Nome da Operadora:

Rota:

Data: 20-11-2016

Trecho e sentido:

Nome do trilho:

Horário: 02:55

AVANÇAR

Data:

Trecho e sentido:

Nome do trilho:

Horário: 02:55

Clima:

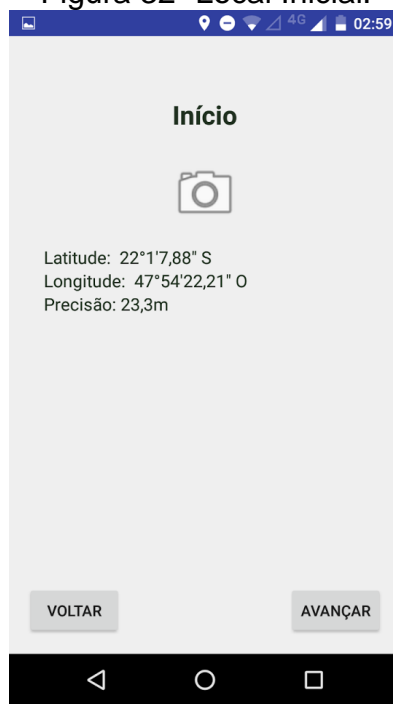
Nome do funcionário:

AVANÇAR

Fonte: O Autor (2016).

A tela seguinte solicitará uma imagem (foto) do local de onde será o início da inspeção. Essa será registrada pelo usuário clicando no botão de câmera exibida na tela, conforme mostrado na Figura 32.

Figura 32- Local Inicial.

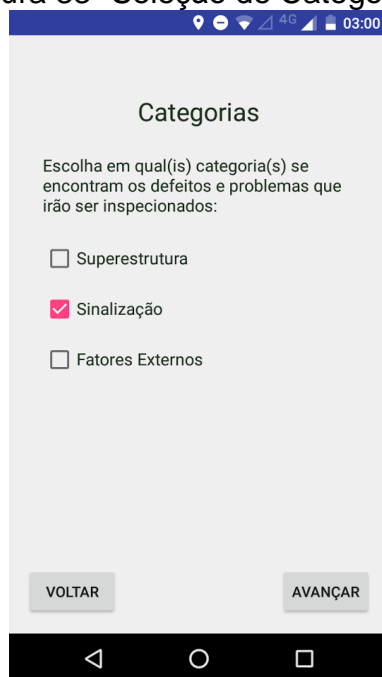


Fonte: O Autor (2016).

A foto deverá mostrar as redondezas dos trilhos para facilitar a percepção de onde foi iniciado o procedimento e não a via em si. Na mesma tela serão gravadas, pelo GPS do aparelho, as coordenadas geográficas do local inicial da inspeção. Após concluir os dois pontos mencionados acima será possível prosseguir no aplicativo clicando no botão AVANÇAR.

A tela seguinte irá solicitar quais serão as categorias dos defeitos a serem analisados na inspeção, podendo escolher todas as três, duas ou apenas uma (ver Figura 33). As categorias incluídas para a classificação dos defeitos e problemas a serem registrados pelo aplicativo são as categorias descritas na Seção 3.1 deste documento.

Figura 33- Seleção de Categorias.



Categorias

Escolha em qual(is) categoria(s) se encontram os defeitos e problemas que irão ser inspecionados:

☐ Superestrutura

☒ Sinalização

☐ Fatores Externos

VOLTAR AVANÇAR

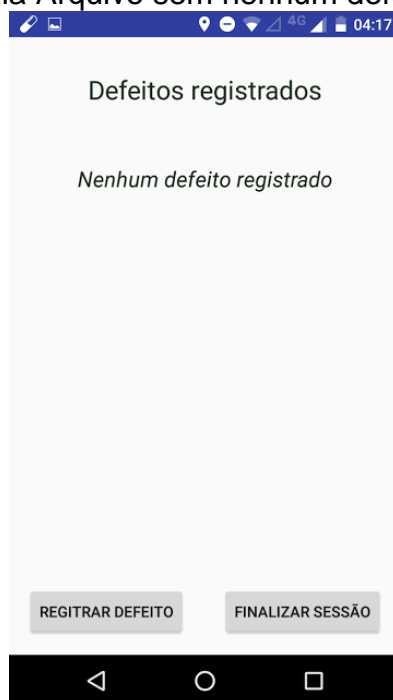
Fonte: O Autor (2016).

Depois de selecionada a(s) opção(ões) será permitido avançar no aplicativo. É válido ressaltar que caso a opção não seja selecionada a mesma não aparecerá como alternativa para registro de defeito.



A tela seguinte será chamada de tela ARQUIVO, já que irá mostrar todos os defeitos já registrados, bem como o nível de gravidade indicado e a posição na via permanente no qual foi catalogado. Nessa tela existirão três opções, a de voltar simbolizado por uma seta de retorno, a de registrar defeito e a de finalizar a sessão (Figura 34). O usuário só poderá pressionar a opção de voltar caso já tenha feita um registro de defeito e deseja editar algum parâmetro nele, ou até mesmo removê-lo.

Figura 34- Tela Arquivo sem nenhum defeito registrado.



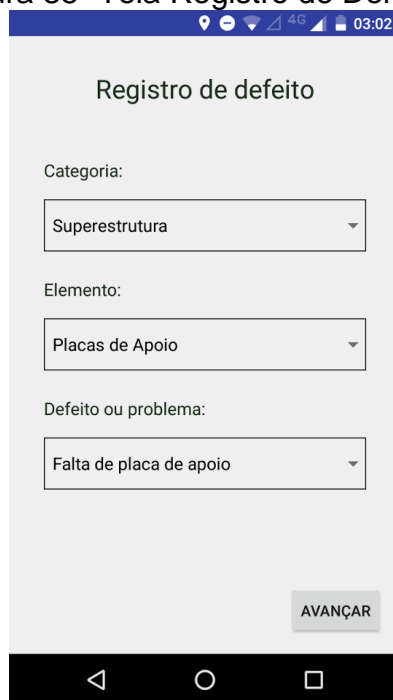
Fonte: O Autor (2016).

A partir desse momento o inspetor deverá andar no sentido dos trilhos observando atentamente qualquer defeito que se encaixe na(s) categoria(s) selecionada(s) anteriormente. Caso observe um defeito ele deve clicar no botão REGISTRAR DEFEITO para reportar o mesmo.

O botão de registrar defeito irá direcionar o usuário a tela de REGISTRO DE DEFEITO, na qual serão exibidas as categorias de defeitos que foram marcadas previamente (Figura 35).

A divisão de defeitos foi baseada no Manual de Inspeções da GECOF<sup>5</sup> de Fiscalização do Transporte Ferroviário de Cargas e complementada pelo autor, o qual se baseou em referências bibliográficas em uma entrevista feita ao Sr. Valter Luis Seneme<sup>6</sup>.

Figura 35- Tela Registro de Defeitos.



Fonte: O Autor (2016).

<sup>5</sup> Gerência de Controle e Fiscalização de Serviços e Infraestrutura de Transporte Ferroviário

<sup>6</sup> O Sr. Valter Luis Seneme trabalha na linha férrea há mais de 30 anos e é Supervisor de Manutenção de Via do trecho Jaraguá- São Francisco do Sul pertencente à operadora RUMO.

Abaixo segue a classificação elaborada, ela é dividida por categoria, elemento e defeito sequencialmente.

1. Defeitos na Superestrutura

a. Lastro

- i. Contaminado
- ii. Insuficiente
- iii. Fuga de lastro

b. Dormente

- i. Falta de dormente
- ii. Inservível
- iii. Fraturado

c. Fixadores

- i. Insuficiente
- ii. Solto

d. Trilho

- i. Patinado
- ii. Achatado
- iii. Desgaste fino
- iv. Corrugado
- v. Defeituoso
- vi. Solda defeituosa

e. Geometria

- i. Flambagem
- ii. Desnivelamento vertical

f. Talas de Junção

- i. Laqueada
- ii. Desnivelada
- iii. Deformada
- iv. Aberta
- v. Desligada
- vi. Falta de parafuso
- vii. Tala fraturada
- viii. Taco de trilho

- g. AMV
    - i. Agulha quebrada
    - ii. Jacaré desgastado
  - h. Placas de Apoio
    - i. Falta de placa de apoio
    - ii. Trincada
2. Defeito na Sinalização em PN
- a. Barreiras
    - i. Inexistente
    - ii. Precária
  - b. Cruz de Santo André
    - i. Inexistente
    - ii. Precária
  - c. Semáforo
    - i. Inexistente
    - ii. Precária
  - d. Sinalização sonora
    - i. Inexistente
    - ii. Precária
3. Fatores Externos
- a. Vandalismo
    - i. Vandalismo sobre qualquer elemento da linha ferroviária
  - b. Transeuntes
    - i. Transeuntes sobre a via
  - c. Vegetação
    - i. Vegetação invadindo o local dos trilhos
  - d. Inundação
    - i. Local propício a inundações
  - e. Entulho
    - i. Entulho próximo aos trilhos
    - ii. Entulho sobre os trilhos
  - f. Faixa de Domínio
    - i. Construções civis invadindo a faixa de domínio

Um dos diferenciais que traz o deste trabalho (MILF) é a inclusão da categoria de Fatores externos. Isto foi feito em função de que nenhum procedimento de inspeção ou monitoramento de linha ferroviária utilizado por operadoras, seja feito de forma manual ou usando equipamentos, incluem estes tipos de fatores na hora de analisar os problemas existentes nas ferrovias. Ainda mais quando é de conhecimento público que algumas operadoras estão tendo sérios problemas com vandalismo na via permanente e no material rodante (vagões), altos índices de acidentes devido à irresponsabilidade dos transeuntes nas PN ou invasão da faixa de domínio limite das ferrovias.

Seguindo com o procedimento, na tela REGISTRO DE DEFEITOS, ao selecionar a opção que indica a categoria do defeito, serão abertas todas as opções de elemento vinculadas a ela.

Na mesma tela deverá ser selecionado o elemento do defeito e, por último, a característica da falha em questão (ver exemplo na Figura 36).

Figura 36- Exemplo de tela com tipos de defeitos possíveis para o Dormente

A imagem é uma captura de tela de um aplicativo móvel. No topo, há uma barra de status com ícones de localização, Wi-Fi, 4G e o horário 03:02. O título da tela é "Registro de defeito". Abaixo dele, há três campos de seleção: "Categoria:" com "Superestrutura" selecionado, "Elemento:" com "Dormente" selecionado, e "Defeito ou problema:" com "Falta de dormente" selecionado. O menu de "Defeito ou problema:" está aberto, mostrando as opções "Falta de dormente", "Inservível" e "Fraturado". No canto inferior direito, há um botão "AVANÇAR". Na base da tela, há uma barra de navegação com os ícones de voltar, home e recentes.

Fonte: O Autor (2016).

Depois de selecionada essa última opção, o usuário será direcionado para a tela GRAVIDADE DO DEFEITO (ver Figura 37).

Figura 37- Tela de Gravidade do defeito.

**Registro de defeito**

Gravidade do defeito:

|   |   |
|---|---|
| 5 | Parada imediata para manutenção corretiva. Risco de acidente alto.                                    |
| 4 | Manutenção necessária em 24 h, Risco de acidente moderado.  |
| 3 | Precisa de manutenção em 1 semana/72h. Não há risco de acidentes. Sem necessidade de parada da linha. |
| 2 | Manutenção necessária na próxima pausa programada. Manutenção preventiva.                             |
| 1 | Não apresenta riscos. Deve ser colocado em observação. Manutenção preditiva.                          |

Comentário:

VOLTAR
AVANÇAR

Fonte: O Autor (2016).

Na tela “Gravidade do defeito” deverá ser marcado o nível de gravidade do defeito em questão. O nível de gravidade do defeito será atribuído pelo próprio inspetor, tendo como base os conhecimentos de manutenção de linha férrea, assim como guiando-se nos Quadros 2 e 3, os quais apresentam uma escala da gravidade dos problemas ou defeitos a ser registrados. Essas escalas foram organizadas pelo autor com base em Nascimento (2011), Diniz et al. (2007) e a colaboração do Sr. Valter Luis Seneme, especialista em inspeção de linha férrea. A escala G1 (Quadro 2) se refere à gravidade dos danos que afetam o material rodante, a operação ferroviária e custos para a companhia dona da concessão, já a escala G2 (Quadro 3) atribui níveis de gravidade em relação aos transeuntes da via e sua segurança.

Quadro 2- Escala de gravidade 1.

| G1- Material Rodante, Operação e Custo. |   |
|---|---|
| 5                                       | Parada imediata para manutenção corretiva. Risco de acidente alto.                                    |
| 4                                       | Manutenção necessária em 24 h, Risco de acidente moderado.  |
| 3                                       | Precisa de manutenção em 1 semana/72h. Não há risco de acidentes. Sem necessidade de parada da linha. |
| 2                                       | Manutenção necessária na próxima pausa programada. Manutenção preventiva.                             |
| 1                                       | Não apresenta riscos. Deve ser colocado em observação. Manutenção preditiva.                          |

Fonte: Autor (2016).

Quadro 3 - Escala de gravidade 2.

| G2- Pessoas e Segurança. |   |
|--------------------------|---|
| 5                        | Podem ocasionar lesões graves em várias pessoas e mortes. |
| 4                        | Lesões Graves ou morte de uma única pessoa.               |
| 3                        | Pode ocasionar lesões leves.                              |
| 2                        | Baixo risco. No máximo um caso de lesão leve.             |
| 1                        | Nenhum risco, sem danos.                                  |

Fonte: Autor (2016).

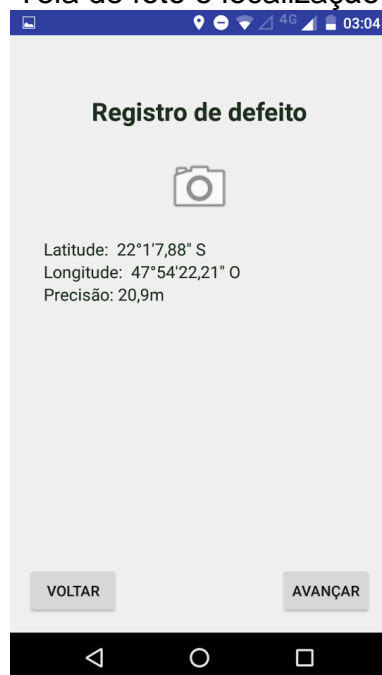
A Escala G1 se refere aos defeitos na superestrutura e G2 a sinalização em PN e fatores externos. Essa separação foi elaborada pelo autor e validada com ajuda do Sr. Valter já que a escala G1 de gravidade não têm relação direta com os defeitos de sinalização de PN nem fatores externos, e a escala G2 não tem conexão direta com os defeitos de superestrutura.

Na mesma tela será possível fazer um comentário (opcional) sobre o defeito. Para registrar essa observação específica do defeito será necessário clicar na caixa de texto disponível onde poderá ser relatado, por exemplo: *terceiro dormente fraturado em sequência* ou *presença constante de crianças brincando em cima dos trilhos*. Neste campo do comentário o inspetor também poderá relatar se o defeito se encaixa em uma condição crítica que necessita de manutenção urgente.

A próxima tela permitirá o registro de imagens (fotos) do defeito e irá automaticamente obter a sua posição (coordenadas geográficas) através do GPS do aparelho. Para tirar a foto será necessário clicar na câmera exibida na tela (ver Figura 38). Será permitido até três fotos por defeito registrado.



Figura 38- Tela de foto e localização do defeito.



Fonte: O Autor (2016).

A(s) foto(s) deverá(ão) mostrar claramente o problema citado, e é opcional o seu registro. Após finalizar deve-se clicar em AVANÇAR.

A tela seguinte é a de confirmação de registro de defeito, onde aparecerá o nome seu nome, a imagem (caso tenha sido feito o registro), a localização e o nível de gravidade (ver Figura 39).

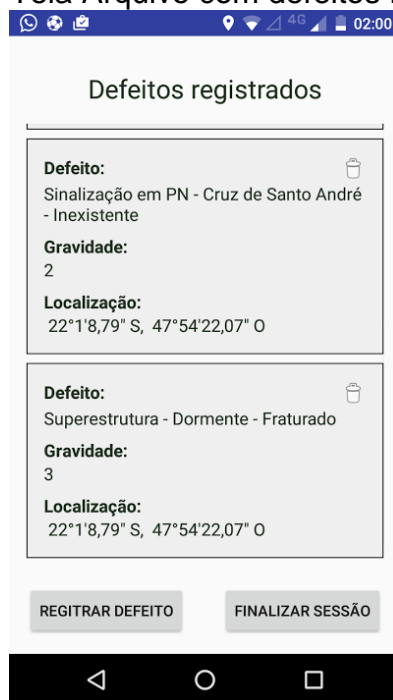
Figura 39 – Exemplo de cadastro de defeito.



Fonte: O Autor (2016).

Para salvar o defeito deve-se clicar em CONCLUIR, desta forma o defeito será armazenado e exibido na tela arquivo (ver Figura 40) que é a que aparece na sequência.

Figura 40- Tela Arquivo com defeitos registrados.



Fonte: O Autor (2016).

Caso seja visualizado mais de um defeito no mesmo local, como, por exemplo, dormente fraturado e fixação insuficiente, o usuário deverá fazer o registro dos dois ou mais problemas no mesmo local para não mudar suas coordenadas geográficas e o software computar todos os defeitos para a mesma localização.

Se o usuário registrar erroneamente um defeito ele poderá apagá-lo clicando no ícone de “lixeira” no canto superior direito do defeito registrado na tela ARQUIVO.

A seguir deve se repetir o procedimento de se locomover na direção dos trilhos observando atentamente qualquer defeito que se encaixe na(s) categoria(s) selecionada(s). Essa sequência deverá ser feita até o fim da inspeção, armazenando todos os defeitos registrados na tela ARQUIVO.

Quando o usuário for encerrar sua inspeção na tela ARQUIVO ele deve clicar em FINALIZAR SESSÃO. Ao clicar nesse, o usuário será encaminhado a tela de encerramento.

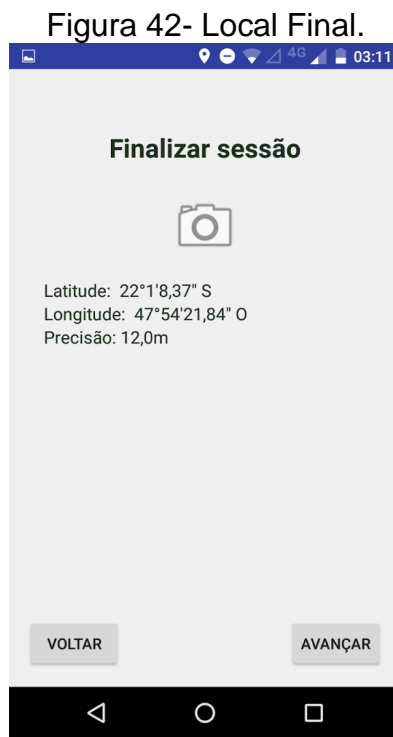
Na tela de encerramento (Figura 41) o usuário deverá preencher o os dados solicitados com as informações sobre a hora e clima do momento final da inspeção além de ter que preencher o motivo pelo qual a mesma foi finalizada. Após isso se deve clicar em AVANÇAR.

Figura 41- Tela de Encerramento.



Fonte: O Autor (2016).

A próxima tela é a tela que registra foto e coordenadas do local final da inspeção como mostrado na Figura 42.



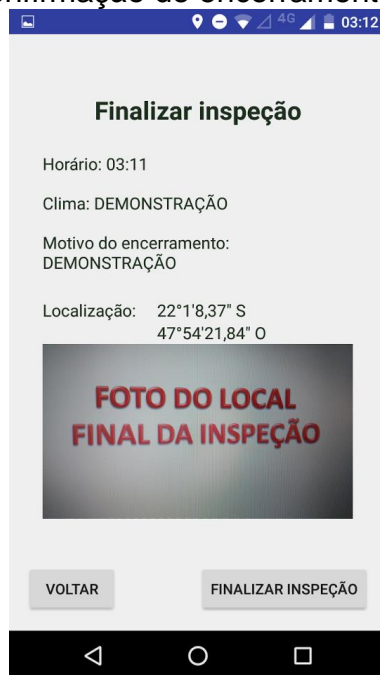
Fonte: O Autor (2016).

O local será indicado pelo GPS, que irá expor na tela as coordenadas geográficas. Na mesma tela terá de ser registrada uma foto do local final, com as mesmas características da foto do início da inspeção.

Após completar o requerido na tela de encerramento de inspeção, o usuário deve clicar no botão AVANÇAR.

A próxima tela é a de confirmação de encerramento da inspeção, nela terá o horário, clima e o motivo do encerramento descrito pelo usuário na tela anterior juntamente com a localização (ver Figura 43). A garantia de encerramento da inspeção se dará após o usuário clicar em FINALIZAR INSPEÇÃO.

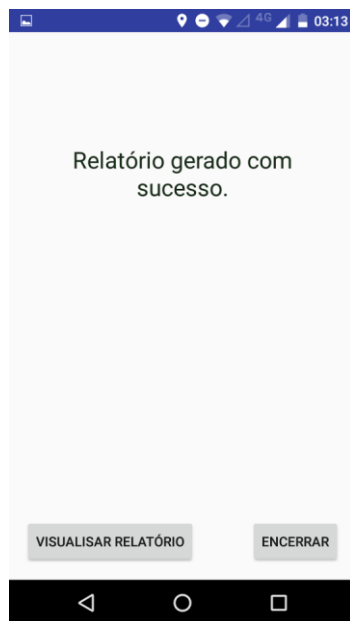
Figura 43- Confirmação de encerramento de inspeção.



Fonte: O Autor (2016).

Feito isso a inspeção esta finalizada e o usuário poderá visualizar o relatório da clicando no botão VISUALIZAR RELATÓRIO ou encerrar iniciar uma nova inspeção clicando em ENCERRAR (ver Figura 44).

Figura 44- Tela de geração de relatório.



Fonte: O Autor (2016).

Caso o usuário escolha a opção VISUALIZAR RELATÓRIO ele será direcionado para um aplicativo leitor de documentos no formato PDF onde será apresentado o relatório, este será mais detalhado na Seção 4.5.

O relatório da inspeção gerado poderá ser enviado, caso possuir vínculo com a operadora, para o CCO (Centro de Controle Operacional) da operadora definida na tela inicial via e-mail uma vez que estará salvo formato PDF no próprio aparelho e o mesmo possuir a função de mandar por correio eletrônico.

Escolhendo a opção ENCERRAR o usuário voltará a tela do aplicativo correspondente a Figura 29.

#### 4.5 RELATÓRIO FINAL

O relatório de inspeção final contará com um cabeçalho com todos os dados que foram preenchidos pelo inspetor antes de iniciar o procedimento (nome da operadora, rota, data, trecho e sentido, horário, clima e nome do funcionário), assim

como apresentará na ordem de registro todos os defeitos reportados durante a inspeção em uma tabela que será dividida nas seguintes colunas:

- Posição;
- Defeito;
- Gravidade do defeito (1 a 5);
- Observação (caso registrado);
- Foto (caso registrado).

Para uma melhor visualização de todos os defeitos será usada uma escala de cores no texto de cada defeito.

Serão exibidas no relatório também as fotos de início e término de inspeção bem como suas respectivas coordenadas geográficas. Assim como as informações finais registradas. No final do relatório, terá uma nova tabela com todos os defeitos registrados na inspeção e o respectivo número de vezes o qual foi apontado, para ter informação de qual o defeito que mais aparece no trecho.

As Figuras 45, 46, 47 e 48 mostram respectivamente as folhas 1, 2, 3 e 4 do relatório de demonstração.



Figura 45- Exemplo de Relatório. Informações Iniciais

1


## Relatório MILF

### Informações Iniciais

Nome da operadora: DEMONSTRAÇÃO  
Rota: DEMONSTRAÇÃO  
Data: 20/11/2016  
Horário: 03:01  
Trecho e sentido: DEMONSTRAÇÃO  
Clima: DEMONSTRAÇÃO  
Nome do funcionário: DEMONSTRAÇÃO

### Local do início da inspeção

Localização: 22° 1' 8,42" S  
47° 54' 21,83" O



**FOTO DO LOCAL  
INICIAL DA INSPEÇÃO**

Esta inspeção levou em consideração os defeitos de Superestrutura, Sinalização em PN e Fatores externos.


*Relatório de Monitoramento Inteligente de Linha Ferroviária*

Fonte: O Autor (2016).

Figura 46- Exemplo de Relatório. Defeitos Registrados.

2

**Defeitos Registrados**

| Posição                          | Defeito   | Gravidade | Comentário | Imagem  |
|----------------------------------|---|-----------|------------|---|
| 22°18,41" S<br>47°54'21,84"<br>O | Superestrutura -<br>Dormente -<br>Fraturado                 | 1         |            |  |
| 22°18,41" S<br>47°54'21,84"<br>O | Superestrutura -<br>Placas de Apoio -<br>Trincada           | 2         |            |   |
| 22°18,37" S<br>47°54'21,84"<br>O | Sinalização em PN -<br>Cruz de Santo André<br>- Inexistente | 4         |            |   |

*Relatório de Monitoramento Inteligente de Linha Ferroviária*

Fonte: O Autor (2016).

Figura 47- Exemplo de Relatório. Tabelas de Gravidade.

3

### Tabelas de Gravidade

| G1- Material Rodante, Operação e Custo. |   |
|---|---|
| 5                                       | Parada imediata para manutenção corretiva. Risco de acidente alto.                                    |
| 4                                       | Manutenção necessária em 24 h, Risco de acidente moderado.  |
| 3                                       | Precisa de manutenção em 1 semana/72h. Não há risco de acidentes. Sem necessidade de parada da linha. |
| 2                                       | Manutenção necessária na próxima pausa programada. Manutenção preventiva.                             |
| 1                                       | Não apresenta riscos. Deve ser colocado em observação. Manutenção preditiva.                          |

| G2-Pessoas e Segurança. |   |
|-------------------------|---|
| 5                       | Podem ocasionar lesões graves em várias pessoas e mortes. |
| 4                       | Lesões Graves ou morte de uma única pessoa.               |
| 3                       | Pode ocasionar lesões leves.                              |
| 2                       | Baixo risco. No máximo um caso de lesão leve.             |
| 1                       | Nenhum risco, sem danos.                                  |

Relatório de Monitoramento Inteligente de Linha Ferroviária


Fonte: O Autor (2016).

Figura 48- Exemplo de Relatório. Informações Finais e Contagem de Defeitos.

4

**Local do final da inspeção**

**Localização:** 22° 1' 8,36" S  
47° 54' 21,84" O



**FOTO DO LOCAL  
FINAL DA INSPEÇÃO**

**Informações finais**

Horário: 03:11  
Clima: DEMONSTRAÇÃO  
Motivo do encerramento: DEMONSTRAÇÃO

**Contagem de Defeitos**

| Tipo de Defeito                                       | Quantidade registrada |
|---|-----------------------|
| Superestrutura - Dormente - Fraturado                 | 1                     |
| Superestrutura - Placas de Apoio - Trincada           | 1                     |
| Sinalização em PN - Cruz de Santo André - Inexistente | 1                     |

*Relatório de Monitoramento Inteligente de Linha Ferroviária*

Fonte: O Autor (2016).

## 5 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo o procedimento foi validado experimentalmente por meio do uso do aplicativo MILF em um estudo de caso, o qual foi feito em um trecho da ferrovia de carga que atravessa a região metropolitana da cidade de São Carlos-SP e que é operada atualmente pela RUMO.

O estudo de caso registrará defeitos e problemas numa inspeção de 1,2 Km. Seguem as telas mostradas conforme a sequência descrita no Capítulo 4 com um breve comentário do que ela representa.

O primeiro passo que foi realizado foi o preenchimento das informações iniciais da inspeção (ver Figura 49).

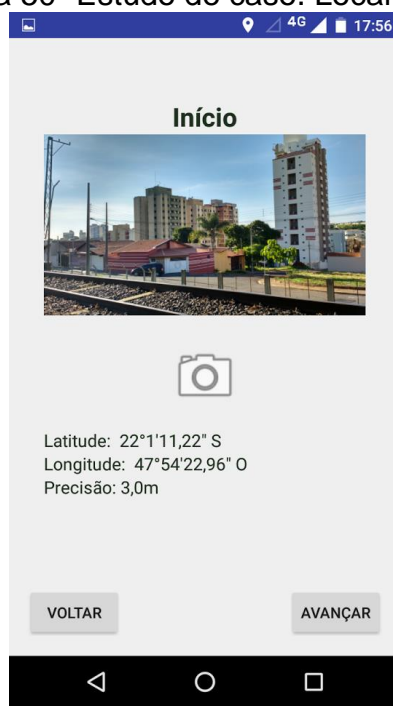
Figura 49- Estudo de caso. Nova Inspeção.

The figure displays two sequential screenshots of a mobile application interface for recording a new inspection. The left screenshot, titled 'Nova Inspeção', shows a form with the following fields: 'Nome da Operadora:' (RUMO), 'Rota:' (Malha Paulista), 'Data:' (20-11-2016), 'Trecho e sentido:' (São Carlos-Araraquara), 'Nome do trilho:' (Linha principal), and 'Horário:' (17:53). The right screenshot shows the same form with additional fields: 'Malha Paulista', 'Data:' (20-11-2016), 'Trecho e sentido:' (São Carlos-Araraquara), 'Nome do trilho:' (Malha principal), 'Horário:' (17:53), 'Clima:' (Ensolarado), and 'Nome do funcionário:' (Guilherme). Both screens feature an 'AVANÇAR' button at the bottom right.

Fonte: O Autor (2016).

Foi registrada a foto do local inicial da inspeção e suas coordenadas. Conforme mostrado na Figura 50.

Figura 50- Estudo de caso. Local Inicial.



Fonte: O Autor (2016).

Foram selecionadas todas as categorias de defeitos possíveis, conforme mostrado na Figura 51.

Figura 51- Estudo de caso. Categorias selecionadas.

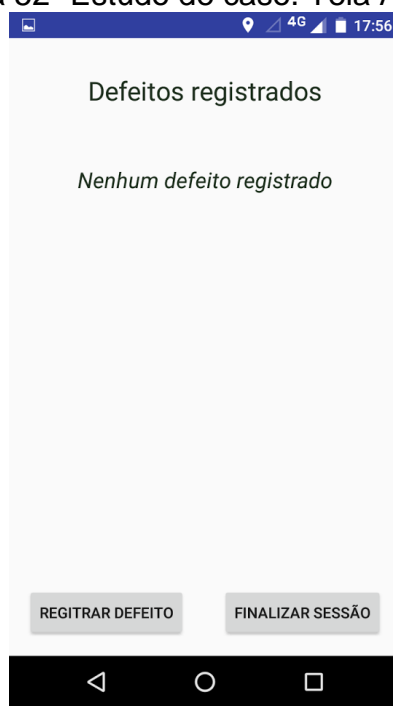
The screenshot displays a mobile application interface with a title bar at the top showing status icons and the time 17:56. The main content area is titled 'Categorias' and contains the instruction: 'Escolha em qual(is) categoria(s) se encontram os defeitos e problemas que irão ser inspecionados:'. Below this, three categories are listed, each with a checked checkbox: 'Superestrutura', 'Sinalização', and 'Fatores Externos'. At the bottom of the screen, there are two buttons: 'VOLTAR' on the left and 'AVANÇAR' on the right. The Android navigation bar is visible at the very bottom.

Fonte: O Autor (2016).



A seguir é exibida a tela ARQUIVO, sem nenhum defeito registrado ainda (Figura 52).

Figura 52- Estudo de caso. Tela Arquivo.



Fonte: O Autor (2016).

O primeiro defeito registrado foi um dormente fraturado, as Figuras 53, 54, 55 e 56 mostram o processo desse registro.

Figura 53- Estudo de caso. Tela de Registro de defeito.

Registro de defeito

Categoria:

Superestrutura

Elemento:

Dormente

Defeito ou problema:

Fraturado

AVANÇAR

Fonte: O Autor (2016).

Figura 54- Estudo de caso. Nível de gravidade e comentário.

**Registro de defeito**

Gravidade do defeito:

|   |   |
|---|---|
| 5 | Parada imediata para manutenção corretiva. Risco de acidente alto.                                    |
| 4 | Manutenção necessária em 24 h, Risco de acidente moderado.  |
| 3 | Precisa de manutenção em 1 semana/72h. Não há risco de acidentes. Sem necessidade de parada da linha. |
| 2 | Manutenção necessária na próxima pausa programada. Manutenção preventiva.                             |
| 1 | Não apresenta riscos. Deve ser colocado em observação. Manutenção preditiva.                          |

Comentário:

Esta prejudicando a fixação

VOLTAR AVANÇAR

Fonte: O Autor (2016).

Figura 55- Estudo de caso. Registro de dormente fraturado.

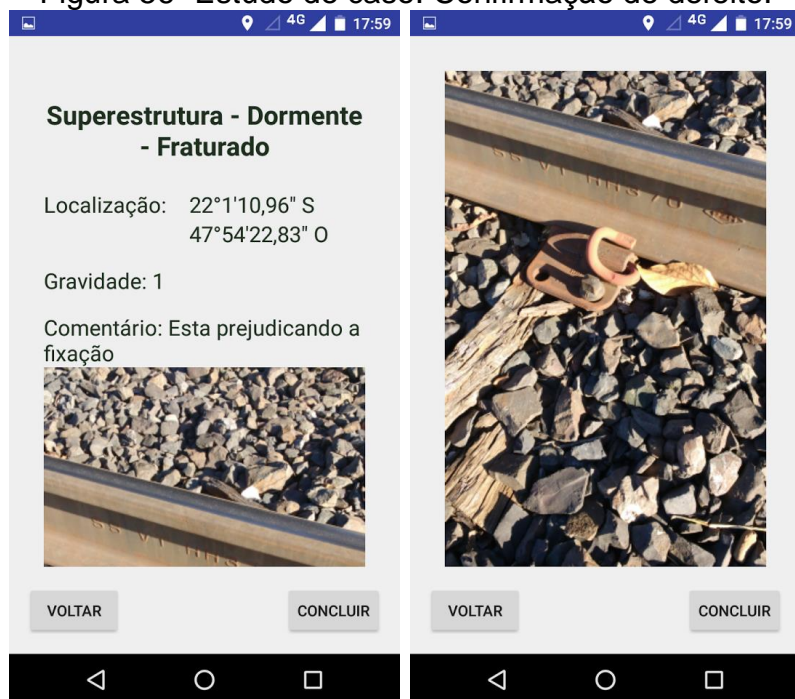
**Registro de defeito**

Latitude: 22°1'11,39" S  
Longitude: 47°54'23,08" O  
Precisão: 3,0m

VOLTAR AVANÇAR

Fonte: O Autor (2016).

Figura 56- Estudo de caso. Confirmação de defeito.



Fonte: O Autor (2016).

Após concluído o registro, o defeito aparecerá na tela ARQUIVO conforme Figura 57.

Figura 57- Estudo de caso. Tela Arquivo com um defeito registrado.



Fonte: O Autor (2016).

O segundo defeito que será mostrado os *screenshots* será o de Entulho sobre os trilhos, as Figuras 58, 59 e 60 são correspondentes a esse registro.

Figura 58- Estudo de caso. Registro de Entulho.

Registro de defeito

Categoria:

Fatores externos

Elemento:

Entulho

Defeito ou problema:

Entulho sobre os trilhos

AVANÇAR

Fonte: O Autor (2016).

Figura 59- Estudo de caso. Gravidade do defeito.

**Registro de defeito**

Gravidade do defeito:

|   |   |
|---|---|
| 5 | Podem ocasionar lesões graves em várias pessoas e mortes. |
| 4 | Lesões Graves ou morte de uma única pessoa.               |
| 3 | Pode ocasionar lesões leves.                              |
| 2 | Baixo risco. No máximo um caso de lesão leve.             |
| 1 | Nenhum risco, sem danos.                                  |

Comentário:

Dormente velho e lixo próximo a det

VOLTAR
AVANÇAR

Fonte: O Autor (2016).

Figura 60- Estudo de caso. Confirmação de registro de problema.

**Fatores externos - Entulho  
- Entulho sobre os trilhos**

Localização: 22°1'9,74" S  
47°54'19,31" O

Gravidade: 2

Comentário: Dormente velho e lixo próximo a detector de descarrilamento



VOLTAR
CONCLUIR



VOLTAR
CONCLUIR

Fonte: O Autor (2016).

Nessa inspeção foram registrados vinte defeitos ou problemas, entretanto não serão mostrados todos os processos pelo fato de manter o mesmo padrão de registro sendo assim demasiadamente repetitivo.

A Figura 61 mostra a última tela arquivo antes de finalizar a sessão.

Figura 61- Estudo de caso. Última tela arquivo.

Defeitos registrados

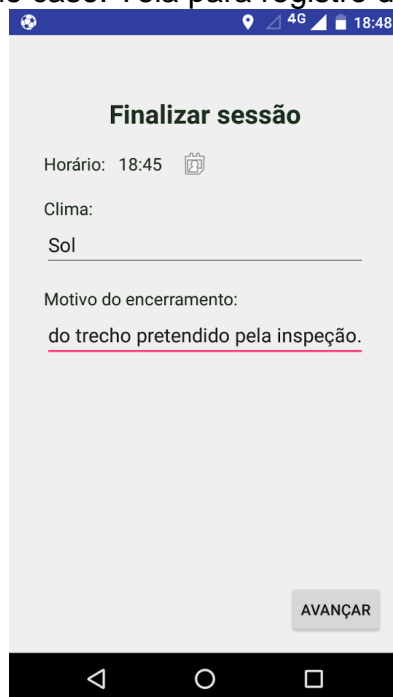
|  |  |
|--|--|
| <b>Defeito:</b><br>Superestrutura - Trilho - Solda defeituosa<br><b>Gravidade:</b><br>2<br><b>Localização:</b><br>22°1'18,35" S, 47°53'49,81" O  |  |
| <b>Defeito:</b><br>Sinalização em PN - Barreiras - Inexistente<br><b>Gravidade:</b><br>4<br><b>Localização:</b><br>22°1'18,32" S, 47°53'48,92" O |  |

REGISTRAR DEFEITO      FINALIZAR SESSÃO

Fonte: O Autor (2016).

Após clicar em FINALIZAR SESSÃO foi preenchida a tela de encerramento como mostrado na Figura 62.

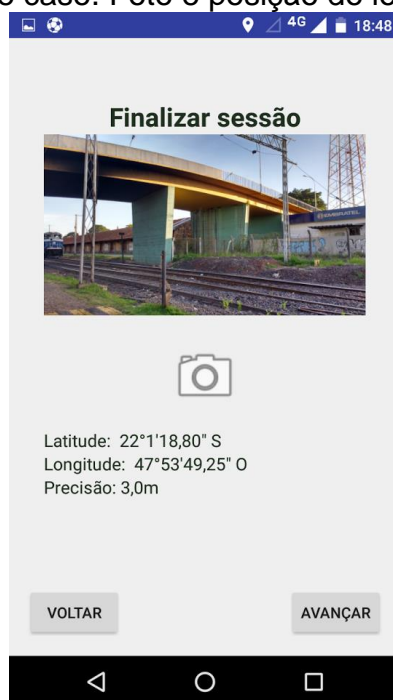
Figura 62- Estudo de caso. Tela para registro de informações finais.



Fonte: O Autor (2016).

A Figura 63 mostra o local final de inspeção junto com a sua posição pelo GPS.

Figura 63- Estudo de caso. Foto e posição do local final da inspeção.



Fonte: O Autor (2016).



Após clicar em avançar é mostrada a última tela da inspeção com a confirmação de finalização da inspeção (ver Figura 64).

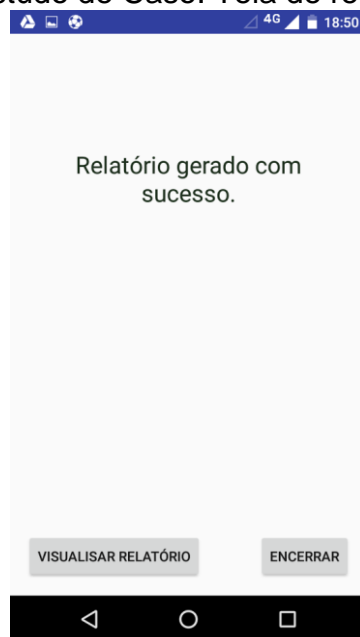
Figura 64. Estudo de caso. Confirmação de inspeção finalizada.



Fonte: O Autor (2016).

Ao clicar em FINALIZAR INSPEÇÃO o relatório será gerado, podendo demorar alguns segundos dependendo da quantidade de mídias armazenadas nele. Após a espera aparece a tela correspondente a Figura 65.

Figura 65- Estudo de Caso. Tela de relatório gerado.



Fonte: O Autor (2016).

No final do recorrido realizado, foram registrados um total de vinte (20) defeitos no trecho da via férrea. Ao clicar em VISUALIZAR RELATÓRIO, é aberto o relatório em algum aplicativo leitor de PDF, o mesmo se encontra no Apêndice A.

## 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO ESTUDO DE CASO

O MILF se mostrou muito útil para realizar a inspeção visual, eficiente, rápido e fácil de ser utilizado, com telas intuitivas e onde não foi necessário um treinamento especial para a utilização da ferramenta. Os problemas podem ser reportados facilmente sem a necessidade de digitar o que está errado, pois todos os defeitos vão aparecendo para o usuário conforme ele vai selecionando as categorias e elementos.

O GPS do smartphone foi muito importante para facilitar o método de marcação onde ocorrem os defeitos na linha. Os inspetores, atualmente, costumam marcar a posição de defeitos com giz ou tinta nos próprios elementos defeituosos ou dormentes se for algum problema externo à via.

A possibilidade de registrar fotos dos defeitos também é muito útil para a inspeção assim como poder registrar o nível de gravidade para melhorar a organização da manutenção da operadora.

Analisando o relatório gerado é compreendido que o defeito que mais ocorreu foi o dormente fraturado, o que é normal, entretanto nenhum estava em condição crítica de presença como uma sequência de 4 dormentes fraturados em uma tangente ou 2 em uma curva.

Foi notada a necessidade de uma cancela no local final de inspeção, onde quase foi flagrado pelo autor um acidente. Apesar de possuir sinalização sonora e visual a falta de cancela induziu o motorista de um veículo a presumir que conseguiria atravessar a PN local e o mesmo teve que frear em cima da faixa de segurança para evitar um abalroamento.

## 6 CONCLUSÕES

Nesse trabalho foi apresentado um procedimento para identificar, analisar e classificar os defeitos em uma inspeção a pé de linha férrea.

Para isto e como escopo do trabalho, foram definidas as categorias (superestrutura, sinalização em PN e fatores externos) e subcategorias (elementos ou subsistemas) dos defeitos a ser analisados.

Foram desenvolvidas escalas de gravidade para classificação dos defeitos. Uma com relação ao material rodante, a operação ferroviária e custos em geral, e outra associada às pessoas e segurança nos arredores da via. Essas escalas, dispostas em forma de tabela foram desenvolvidas por meio de estudos feitos sobre gestão de riscos, assim como do conhecimento heurístico de um especialista em manutenção e monitoração de ferrovias de carga.

Com o intuito de dar praticidade ao procedimento proposto neste trabalho, foi desenvolvido um aplicativo para plataforma Androide a ser usado em smartphones.

Este aplicativo, chamado MILF, simplificará o trabalho do inspetor de linha férrea quando for fazer uma inspeção a pé, podendo registrar imagens dos defeitos pela câmera do aparelho e marcar a posição (coordenadas geográficas) do defeito através do GPS do smartphone. O aplicativo deixa de maneira mais simples o ato de registro do defeito, já que não é necessária a utilização de outros meios para anotação (lápis, caneta, folha e prancheta) apenas o smartphone.

A praticidade é a principal vantagem do aplicativo desenvolvido, onde o inspetor irá fazer o registro de defeitos de forma muito mais eficiente utilizando a tecnologia a seu favor, reduzindo o seu tempo de exposição na linha.

A possibilidade de registrar problemas relacionados a fatores externos da via foi um diferencial no procedimento desenvolvido. Não há técnica de inspeção ou monitoramento desenvolvida para registrar defeitos dessa categoria e algumas

operadoras possuem dificuldades em relação a problemas listados nessa divisão como: vandalismo sobre a via, invasão de faixa de domínio e entulhos sobre a via.

O relatório que o aplicativo gera no final da inspeção também irá facilitar o serviço de funcionários da manutenção de ferrovias, já que indicará a posição e nível de gravidade correspondente ao momento ideal de se fazer o reparo no defeito.

O procedimento foi inicialmente avaliado e considerado útil e promissor por um especialista em monitoração e manutenção de ferrovias da empresa RUMO. Da mesma forma, o aplicativo com seu procedimento intrínseco foi validado experimentalmente pelo autor por meio de um estudo de caso em um trecho da ferrovia de carga da região metropolitana de São Carlos-SP, o qual é operado pela RUMO.

Finalmente, a realização deste trabalho trouxe para o autor um aprofundamento de conhecimentos técnicos relato às ferrovias de carga, seus defeitos e problemas, assim como as técnicas de monitoramento e manutenção.

Como sugestão para trabalhos futuros, têm a integralização do sistema com planos de manutenção da empresa, assim como o desenvolvimento e melhoramento do aplicativo para outras plataformas.

## REFERÊNCIAS

- AIMORÉ. **Sinalização de Advertência**. Disponível em: <<http://aimore.net/placas/geral.html>>. Acesso em: 05 abr. 2016.
- ANTT, Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Fiscalização do Transporte Ferroviário de Cargas** -Manual de Inspeção da GECOF. Brasília, 2013.
- BRINA, Helvécio Lapertosa. **Estradas de Ferro: 1**. Rio de Janeiro: Ltc - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1983.
- CARMO, Renata Cristina do. **Procedimento Para Avaliação De Passagens De Nível**. 2006. 84 f. Monografia (Especialização) - Curso de Transporte Ferroviário de Cargas, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.
- CFA, Conselho Federal de Administração. **Plano Brasil de Infraestrutura e Logística**: Uma abordagem sistêmica. Brasília, 2013;
- CHARLTON, Corey. **India's railway slumdogs: Shanty town where children play on tracks while their parents cook in shelters just feet from speeding trains**. 2015. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-3097192/The-filthy-dangerous-life-India-s-poorest-slum-children-play-train-tracks-parents-cook-bamboo-shelters-just-feet-away-onrushing-carriages.html>>. Acesso em: 26 ago. 2016.
- CNT, Confederação Nacional do Transporte. **Anuário CNT do Transporte**-estatísticas consolidadas 2016. Brasília, 2016;
- DIGICOMPHOTO (Org.). **Sinal de aviso desgastado de passagem de nível**. Disponível em: <<http://pt.depositphotos.com/36368513/stock-photo-warning-sign-worn-of-level.html>>. Acesso em: 26 ago. 2016.
- DINIZ, Flávio Luiz Barros et al. **ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCOS E PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RISCOS**: Estudos de Caso: Avaliação de Riscos de Ferrovias. Rio de Janeiro: Dnv Principia, 2007. 20 p.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Projeto de Passagem de Nível**. 2012;
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Glossário de Termos Ferroviários**. Disponível em: <<http://www.alaf.int.ar/publicaciones/glossario.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2016.
- FERROVIA VERDE (Ed.). **Problemas com o lixo na via ferroviária**: Lixos na via. Disponível em: <<http://ferroviaverde.blogspot.com.br/>>. Acesso em: 26 ago. 2016.
- FTC, FERROVIA TEREZA CRISTINA. **Faixa de Domínio**: Legislação e Normas. Disponível em: <<http://ftc.com.br/faixa-de-dominio>>. Acesso em: 13 jun. 2016.

GEELONG, Rail. **Insulated rail joint**. Disponível em: <[http://www.railgeelong.com/gallery/corio-independent-goods-line/D569\\_6985.jpg.html](http://www.railgeelong.com/gallery/corio-independent-goods-line/D569_6985.jpg.html)>. Acesso em: 14 jun. 2016.

LINHARES, Victor Bento. Os entraves do setor ferroviário brasileiro. **Revista Ferroviária**, São Paulo, ago. 2014.

CORRÊA, Marival. **Reportagem percorre 8 km de estrada de ferro**. Disponível em: <<http://www.diariodaregiao.com.br/cidades/reportagem-percorre-8-km-de-estrada-de-ferro-1.251078>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

MÁXIMO, Danielle Gatti; LORENCETTE, Rogéria Marcarini. **ANÁLISE DE ACIDENTES FERROVIÁRIOS NO TRECHO CARIACICA (ES) – CONSELHEIRO PENA (MG) DA ESTRADA DE FERRO VITÓRIA A MINAS (EFVM)**. 2006. 102 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

NABAIS, Rui José da Silva (Org.). **Manual básico de engenharia ferroviária**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014

NASCIMENTO, Cristiane Aparecida do. **GESTÃO DE RISCOS AMBIENTAIS NO TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE PRODUTOS PERIGOSOS EM SANTA CATARINA, BRASIL**. 2011. 146 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

NORDCO (Ed.). **Nordco Rail Flaw Defects Identification**. Disponível em: <<http://www.nordco.com/Media/Assets/General-Files/NordcoRailFlawDefectsIdentificationHandbook.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

PAM, Pete And. **Page 162**. Disponível em: <[http://pete-n-pam.com/main/161\\_180/page162.htm](http://pete-n-pam.com/main/161_180/page162.htm)>. Acesso em: 20 jun. 2016.

PARDO, Johanna Andrea Rodríguez. **Metodologia para Análise e Gestão de Riscos em Projetos de Pavimentos Ferroviários**. 2009. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009

PORTO, Telmo Giolito. **PTR 2501- Ferrovias**. São Paulo, Escola Politécnica de São Paulo, 2004. Disponível em: <[https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http://www.stt.eesc.usp.br/index.php/materialdidatico/category/33-stt0605-transporte-ferroviario?download=118:profportotgepptrferroviasapostilanova&ei=GdOUU8PUF6OsQTE1IKQCA&usg=AFQjCNEMxc8siGNYJNZNGUy4i7vfH8J46A&sig2=BuqkC1JU5j\\_zufacVzCaA&bvm=bv.68445247,d.b2U&cad=rja](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCUQFjAA&url=http://www.stt.eesc.usp.br/index.php/materialdidatico/category/33-stt0605-transporte-ferroviario?download=118:profportotgepptrferroviasapostilanova&ei=GdOUU8PUF6OsQTE1IKQCA&usg=AFQjCNEMxc8siGNYJNZNGUy4i7vfH8J46A&sig2=BuqkC1JU5j_zufacVzCaA&bvm=bv.68445247,d.b2U&cad=rja)>. Acesso em: 20 nov.2015.

RODRIGUES, Cauê. **Cancela do Metrô do Cariri encontra-se quebrada**. Disponível em: <<http://www.blogdocauerodrigues.com/2013/12/juazeiro-do-norte-ce-cancela-do-metro.html>>. Acesso em: 26 ago. 2016.

SANFER COMERCIAL. **Placas de Apoio**. Disponível em:  
<[http://www.sanfer.com.br/tipos\\_de\\_trilhos/trilhos.htm](http://www.sanfer.com.br/tipos_de_trilhos/trilhos.htm)>. Acesso em: 14 jun. 2016.

SINAF. **Cancelas Rodo-Ferroviárias Automatizadas**. Disponível em:  
<<http://www.sinaf.biz/produtos/>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

STEFFLER, Fábio. **Via permanente aplicada**: guia teórico e prático. Rio de Janeiro: Ltc, 2013.

THE TELEGRAPH (Reino Unido). **Heatwave could buckle train tracks and melt roads, travellers warned**. 2015. Disponível em:  
<<http://www.telegraph.co.uk/news/weather/11707973/Travel-chaos-forecast-as-35C-heatwave-could-buckle-train-tracks-and-melt-roads.html>>. Acesso em: 15 jun. 2016.

TMRS, Technology Mission on Railway Safety. **Corrosion Prevention of Rails**. Disponível em: <<http://home.iitk.ac.in/~vyas/tmrs/P2a.html>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

TRAINS FRANÇAIS. **En plus des tirefonds**. Disponível em:  
<<http://www.trainsfrancais.com/forum/viewtopic.php?f=25&t=28038>>. Acesso em: 14 jun. 2016.

UCZAI, Pedro (Org.). **Ferrovias e Desenvolvimento**: Esse é o caminho. Brasília: Editora, 2012.

VALE. **Manual Técnico Da Via Permanente**. [s.i]: Vale S.A, 2013.

VALE-a. **Noções de Via Permanente**. [s.i]: Vale S.A, 2011.

VALE-b. **Inspeção Visual da Via**. [s.i]: Vale S.A, 2011.

VALE-c. **Manutenção de Passagem em Nível**. [s.i]: Vale S.A, 2011.

VALE. **Elementos de Vistoria de Via Permanente**. [s.i]: Vale S.A, 2012.

VALER. **Inspeção Visual da Via**. . [s.i]: Vale S.A, 2008.

VTWI. **Head Check**. Disponível em:  
<<http://www.vtwi.org/041302Ottumwa/railhead.jpeg>>. Acesso em: 250 ago. 2016.

WIKIPEDIA (Ed.). **Railroad Tie**. Disponível em:  
<[https://en.wikipedia.org/wiki/Railroad\\_tie](https://en.wikipedia.org/wiki/Railroad_tie)>. Acesso em: 14 jun. 2016.



## APÊNDICE A -RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DO ESTUDO DE CASO

1

## Relatório MILF

### Informações Iniciais

Nome da operadora: RUMO

Rota: Malha Paulista

Data: 20/11/2016

Horário: 17:53

Trecho e sentido: São Carlos-Araraquara

Clima: Ensolarado

Nome do funcionário: Guilherme

### Local do início da inspeção




Localização: 22°1'11,39" S  
47°54'23,06" O








Esta inspeção levou em consideração os defeitos de Superestrutura, Sinalização em PN e Fatores externos.




## Defeitos Registrados




| Posição                            | Defeito   | Gravidade | Comentário                     | Imagem  |
|------------------------------------|---|-----------|--------------------------------|---|
| 22°1'10,96" S<br>47°54'22,83"<br>O | Superestrutura -<br>Dormente -<br>Fraturado     | 1         | Esta prejudicando a<br>fixação |    |
| 22°1'10,10" S<br>47°54'20,68"<br>O | Superestrutura -<br>Fixadores -<br>Insuficiente | 1         |                                |   |
| 22°1'10,10" S<br>47°54'20,67"<br>O | Superestrutura -<br>Dormente -<br>Fraturado     | 1         |                                |  |

|                                  |   |   |  |   |
|----------------------------------|---|---|--|---|
| 22°19,74" S<br>47°54'19,31"<br>O | Fatores externos -<br>Entulho - Entulho<br>sobre os trilhos | 2 | Dormente velho e<br>lixo próximo a<br>detector de<br>descarrilamento |    |
| 22°19,59" S<br>47°54'18,84"<br>O | Superestrutura -<br>Dormente -<br>Fraturado                 | 2 |  |   |
| 22°19,43" S<br>47°54'18,31"<br>O | Superestrutura -<br>Dormente -<br>Fraturado                 | 1 | Compromete a<br>fixação nos<br>dormentes                             |   |
| 22°19,00" S<br>47°54'13,82"<br>O | Superestrutura -<br>Dormente -<br>Fraturado                 | 1 |  |   |
| 22°18,98" S<br>47°54'13,00"<br>O | Superestrutura -<br>Trilho - Defeituoso                     | 1 | 2 metros de head<br>check  |  |
| 22°19,04" S<br>47°54'12,42"<br>O | Superestrutura -<br>Trilho - Defeituoso                     | 1 | 4 metros de head<br>check  |   |

|                                |  |   |   |   |
|--------------------------------|--|---|---|---|
| 22°1'9,86" S<br>47°54'8,56" O  | Superestrutura -<br>Dormente -<br>Fraturado                | 2 | Após a ponte 2<br>dormentes fraturados<br>em sequência numa<br>tangente |    |
| 22°1'10,77" S<br>47°54'5,28" O | Superestrutura -<br>Fixadores -<br>Insuficiente            | 1 | Pandrol faltante no<br>lado interno do trilho                           |    |
| 22°1'11,30" S<br>47°54'3,05" O | Superestrutura -<br>Fixadores -<br>Insuficiente            | 2 | Sem fixação da placa<br>no trilho                                       |   |
| 22°1'11,88" S<br>47°54'1,72" O | Sinalização em PN -<br>Sinalização sonora -<br>Inexistente | 2 |   |  |
| 22°1'12,24" S<br>47°54'0,36" O | Superestrutura -<br>Dormente -<br>Fraturado                | 1 |   |  |



|                                    |  |          |  |  |
|------------------------------------|--|----------|--|--|
| 22°1'13,02" S<br>47°53'58,62"<br>O | Fatores externos -<br>Faixa de Domínio -<br>Construções civis<br>invadindo a faixa de<br>domínio | <b>4</b> | Invasão em mais de<br>50 metros          | <div>5</div>  |
| 22°1'15,72" S<br>47°53'52,99"<br>O | Superestrutura -<br>Lastro -<br>Contaminado  | <b>2</b> |  |              |
| 22°1'16,63" S<br>47°53'51,80"<br>O | Superestrutura -<br>Lastro -<br>Contaminado  | <b>2</b> | Mais de 20 metros.<br>Próximo a estação. |             |

|                                    |   |   |                                       |   |
|------------------------------------|---|---|---------------------------------------|---|
| 22°1'18,03" S<br>47°53'50,15"<br>O | Fatores externos -<br>Transeuntes -<br>Transeuntes sobre a<br>via | 3 |                                       |    |
| 22°1'18,35" S<br>47°53'49,81"<br>O | Superestrutura -<br>Trilho - Solda<br>defeituosa                  | 2 |                                       |   |
| 22°1'18,32" S<br>47°53'48,92"<br>O | Sinalização em PN -<br>Barreiras -<br>Inexistente                 | 4 | Alto tráfego de<br>pessoas e veículos |  |

## Tabelas de Gravidade

| G1- Material Rodante, Operação e Custo. |   |
|---|---|
| 5                                       | Parada imediata para manutenção corretiva. Risco de acidente alto.                                    |
| 4                                       | Manutenção necessária em 24 h, Risco de acidente moderado.  |
| 3                                       | Precisa de manutenção em 1 semana/72h. Não há risco de acidentes. Sem necessidade de parada da linha. |
| 2                                       | Manutenção necessária na próxima pausa programada. Manutenção preventiva.                             |
| 1                                       | Não apresenta riscos. Deve ser colocado em observação. Manutenção preditiva.                          |

| G2-Pessoas e Segurança. |   |
|-------------------------|---|
| 5                       | Podem ocasionar lesões graves em várias pessoas e mortes. |
| 4                       | Lesões Graves ou morte de uma única pessoa.               |
| 3                       | Pode ocasionar lesões leves.                              |
| 2                       | Baixo risco. No máximo um caso de lesão leve.             |
| 1                       | Nenhum risco, sem danos.                                  |

## Local do final da inspeção

Localização: 22°1'18,69" S  
47°53'49,24" O



## Informações finais

Horário: 18:45

Clima: Sol

Motivo do encerramento: Fim da via singela e início da estação. Término do trecho pretendido pela inspeção.

## Contagem de Defeitos

| Tipo de Defeito  | Quantidade registrada |
|--|-----------------------|
| Superestrutura - Dormente - Fraturado  | 7                     |
| Superestrutura - Fixadores - Insuficiente  | 3                     |
| Superestrutura - Trilho - Defeituoso   | 2                     |
| Superestrutura - Lastro - Contaminado  | 2                     |
| Fatores externos - Entulho - Entulho sobre os trilhos                                | 1                     |
| Sinalização em PN - Sinalização sonora - Inexistente                                 | 1                     |
| Fatores externos - Faixa de Domínio - Construções civis invadindo a faixa de domínio | 1                     |
| Fatores externos - Transeuntes - Transeuntes sobre a via                             | 1                     |
| Superestrutura - Trilho - Solda defeituosa   | 1                     |
| Sinalização em PN - Barreiras - Inexistente  | 1                     |



## INSPEÇÃO DE VIA PERMANENTE

| ANT   |  | INSPEÇÃO DE VIA PERMANENTE        |       | RESPONSÁVEIS:            |   |   |             |
|-------|--|-----------------------------------|-------|--------------------------|---|---|-------------|
| DATA: |  | CONCESSIONÁRIA:                   | ROTA: | ROTA DE PROD. PERIGOSOS? | S | N | TRECHO / KM |
| FOTOS |  | INFRA-ESTRUTURA                   |       | SUPERESTRUTURA           |   |   | OUTROS      |
| Km    |  |                                   |       |                          |   |   |             |
|       |  | 1.1-DRENAGEM DEFICIENTE           |       |                          |   |   |             |
|       |  | 1.2-EROSÃO NO TALUDE DE CORTE     |       |                          |   |   |             |
|       |  | 1.3-EROSÃO NO TALUDE DE ATERRO    |       |                          |   |   |             |
|       |  | 1.4-ÁGUA RETIDA NA PLATAFORMA     |       |                          |   |   |             |
|       |  | 1.5-BOMBEAMENTO                   |       |                          |   |   |             |
|       |  | 1.6-MATO/GALHOS EM EXCESSO        |       |                          |   |   |             |
|       |  | 1.7-INVASÃO (INFORMAR TIPO)       |       |                          |   |   |             |
|       |  | 1.8-PN SEM SINALIZAÇÃO            |       |                          |   |   |             |
|       |  | 1.9-PN ASSOREADA                  |       |                          |   |   |             |
|       |  | 2.1-LASTRO CONTAMINADO            |       |                          |   |   |             |
|       |  | 2.2-LASTRO INSUFICIENTE           |       |                          |   |   |             |
|       |  | 2.3-FUGA DE LASTRO                |       |                          |   |   |             |
|       |  | 3.1-DORMENTE INSERV. TX ALTA      |       |                          |   |   |             |
|       |  | 3.2-DORMENTE INSERV. SEQ.         |       |                          |   |   |             |
|       |  | 3.3-FIXAÇÃO INSUF. / INSERV. SEQ. |       |                          |   |   |             |
|       |  | 4.1-TRILHO PATINADO               |       |                          |   |   |             |
|       |  | 4.2-TRILHO ACHATADO               |       |                          |   |   |             |
|       |  | 4.3-TRILHO DESGAST. FINO          |       |                          |   |   |             |
|       |  | 4.4-TRILHO CORRUGADO              |       |                          |   |   |             |
|       |  | 4.5-TRILHO DEFEITUOSO             |       |                          |   |   |             |
|       |  | 4.6-SOLDA DEFEITUOSA              |       |                          |   |   |             |
|       |  | 5.1-NIVELAMENTO PRECÁRIO          |       |                          |   |   |             |
|       |  | 5.2-ALINHAMENTO PRECÁRIO          |       |                          |   |   |             |
|       |  | 5.3-FLAMBAGEM                     |       |                          |   |   |             |
|       |  | 5.4-CAMINHAMENTO                  |       |                          |   |   |             |
|       |  | 6.1-JUNTA LAQUEADA                |       |                          |   |   |             |
|       |  | 6.2-JUNTA DESNIVELADA             |       |                          |   |   |             |
|       |  | 6.3-JUNTA DEFEIT. / DEFORMADA     |       |                          |   |   |             |
|       |  | 6.4-JUNTA ABERTA                  |       |                          |   |   |             |
|       |  | 6.5-JUNTA DESLIGADA               |       |                          |   |   |             |
|       |  | 6.6-FALTA DE PARAFUSO             |       |                          |   |   |             |
|       |  | 6.7-TALA FRATURADA                |       |                          |   |   |             |
|       |  | 6.8-TACO DE TRILHO                |       |                          |   |   |             |
|       |  | 7.1-AGULHA QUEBRADA               |       |                          |   |   |             |
|       |  | 7.2-JACARÉ DESGASTADO/QUEBRADO    |       |                          |   |   |             |
|       |  | 8.1-VESTÍGIOS DE ACIDENTE         |       |                          |   |   |             |
|       |  | DETECT. DE DESCARRILAMENTO        |       |                          |   |   |             |